

VYSOKÁ ŠKOLA BÁŇSKÁ – TECHNICKÁ UNIVERZITA OSTRAVA

FAKULTA METALURGIE A MATERIÁLOVÉHO INŽENÝRSTVÍ

KATEDRA MATERIÁLŮ A TECHNOLOGIÍ PRO AUTOMOBILY

## **Bateriové packy pro elektromobily**

### **Battery packs for electric cars**

#### **BAKALÁŘSKÁ PRÁCE**

AUTOR PRÁCE:

Antonín Ručka

VEDOUCÍ PRÁCE:

Ing. Michal Burán

## Zadání bakalářské práce

Student: **Antonín Ručka**  
Studijní program: B3923 Materiálové inženýrství  
Studijní obor: 3911R034 Materiály a technologie pro automobilový průmysl  
Téma: **Bateriové packy pro elektromobily**  
**Battery packs for electric cars**  
Jazyk vypracování: čeština

Zásady pro vypracování:

1. Shrnutí současného stavu.
2. Metody konstruování bateriových packů a technologie výroby.
3. Technologie spojování tenkostěnných struktur a jejich srovnání.
4. Mechanické zkoušky a jejich vyhodnocení


Seznam doporučené odborné literatury:

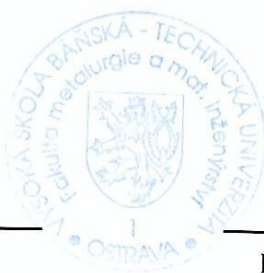
- [1]SEDLÁČEK, Vladimír. Neželezné kovy a slitiny. Praha: SNTL - Nakladatelství technické literatury, 1979.
- [2]ČSN ISO 690 Bibliografické citace. Obsah, forma a struktura. Praha: Český normalizační institut, 1996. 32s.
- [3]ČADA, R. Technologie I: Zákony plastické deformace kovů, dělení materiálu, slévání: skriptum. 1. vyd. Ostrava: VŠB - TU Ostrava, 2007. 75 s. ISBN 978-80-248-1274-8.


Formální náležitosti a rozsah bakalářské práce stanoví pokyny pro vypracování zveřejněné na webových stránkách fakulty.

Vedoucí bakalářské práce: **Ing. Michal Buráň**

Datum zadání: 30.11.2017  
Datum odevzdání: 30.04.2018

  
\_\_\_\_\_  
doc. Ing. Petr Tomčík, Ph.D.  
vedoucí katedry



  
\_\_\_\_\_  
prof. Ing. Jana Dobrovská, CSc.  
děkanka fakulty

# **Zásady pro vypracování bakalářské práce**

## **I.**

Bakalářskou prací (dále jen BP) se ověřují vědomosti a dovednosti, které student získal během studia, a jeho schopnosti využívat je při řešení teoretických i praktických problémů.

## **II.**

### **Uspořádání bakalářské práce:**

- |                                              |                              |
|----------------------------------------------|------------------------------|
| 1. Titulní list                              | 6. Obsah BP                  |
| 2. Originál zadání BP                        | 7. Textová část BP           |
| 3. Zásady pro vypracování BP                 | 8. Seznam použité literatury |
| 4. Prohlášení + místopřísežné prohlášení     | 9. Přílohy                   |
| 5. Abstrakt + klíčová slova česky a anglicky |                              |

ad 1) Titulní list je koncipován podle požadavků příslušné oborové katedry.

ad 2) Originál zadání BP obdrží student na oborové katedře.

ad 3) Tyto „Zásady pro vypracování bakalářské práce“ následují za originálem zadání BP. („Zásady pro vypracování bakalářské práce“ jsou ke stažení na webových stránkách fakulty).

ad 4) Prohlášení + místopřísežné prohlášení napsané na zvláštním listu (ke stažení na webových stránkách fakulty) a vlastnoručně podepsané studentem s uvedením data odevzdání BP. V případě, že BP vychází ze spolupráce s jinými právníckými a fyzickými osobami a obsahuje citlivé údaje, je na zvláštním listě vloženo prohlášení spolupracující právnické nebo fyzické osoby o souhlasu se zveřejněním BP.

ad 5) Abstrakt a klíčová slova jsou uvedena na zvláštním listu česky a anglicky v rozsahu max. 1 strany pro obě jazykové verze.

ad 6) Obsah BP se uvádí na zvláštním listu. Zahrnuje názvy všech číslovaných kapitol, podkapitol a statí textové části BP, odkaz na seznam příloh a seznam použité literatury, s uvedením příslušné stránky. Předpokládá se desetinné číslování.

ad 7) Textová část BP obvykle zahrnuje:

- Úvod, obsahující charakteristiku řešeného problému a cíle jeho řešení v souladu se zadáním BP;
- Vlastní rozpracování BP (včetně obrázků, tabulek, výpočtů) s dílčími závěry, vhodně členěné do kapitol a podkapitol podle povahy problému;
- Závěr, obsahující celkové hodnocení výsledků BP z hlediska stanoveného zadání.

BP bude zpracována v rozsahu min. 25 stran (včetně obsahu a seznamu použité literatury).

Text musí být napsán vhodným textovým editorem počítače po jedné straně bílého nelesklého papíru formátu A4 při respektování následující **doporučené** úpravy - písmo Times New Roman 12b; řádkování 1,5; okraje – horní, dolní – 2,5 cm, levý – 3 cm, pravý 2 cm. Fotografie, schémata, obrázky, tabulky musí být očíslovány a musí na ně být v textu poukázáno. Budou zařazeny průběžně v textu, pouze je-li to nezbytně nutné, jako přílohy (viz ad 9).

Odborná terminologie práce musí odpovídat platným normám. Všechny výpočty musí být přehledně uspořádány tak, aby každý odborník byl schopen přezkoušet jejich správnost. Matematické vzorce musí být číslovány (v kulatých závorkách). U vzorců, údajů a hodnot převzatých z odborné literatury nebo z praxe musí být uveden jejich pramen - u literatury citován číselným odkazem (v hranatých závorkách) na seznam použité literatury. Nedostatky ve způsobu vyjadřování, nedostatky gramatické, neopravené chyby v textu mohou snížit klasifikaci práce.

- ad 8) BP bude obsahovat alespoň 10 literárních odkazů, z toho nejméně 3 v některém ze světových jazyků.  
Seznam použité literatury se píše na zvláštním listě. **Citaci literatury je nutno uvádět důsledně v souladu s ČSN ISO 690.** Na práce uvedené v seznamu použité literatury musí být uveden odkaz v textu BP.
- ad 9) Přílohy budou obsahovat jen ty části (speciální výpočty, zdrojové texty programů aj.), které nelze vhodně včlenit do vlastní textové části, např. z důvodu ztráty srozumitelnosti.

### III.

Bakalářskou práci student odevzdá ve dvou knihařsky svázaných vyhotoveních, pokud katedra garantující studijní obor neurčí jiný počet. Vnější desky budou označeny takto:

nahoře: *Vysoká škola báňská - Technická univerzita Ostrava*  
*Fakulta metalurgie a materiálového inženýrství*  
*Katedra . . . . .*

uprostřed: *BAKALÁŘSKÁ PRÁCE*

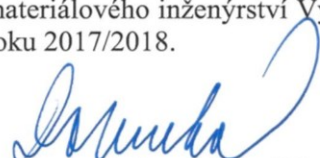
dole: *Rok* *Jméno a příjmení*

Kromě těchto dvou knihařsky svázaných výtisků odevzdá student kompletní práci také v elektronické formě do IS EDISON. Práce vložená v elektronické formě do IS EDISON se musí zcela shodovat s prací odevzdanou v tištěné formě. Po vložení BP do IS EDISON bude provedena její kontrola na plagiátorství.

### IV.

Nesplnění výše uvedených zásad pro vypracování bakalářské práce může být důvodem nepřijetí práce k obhajobě. O nepřijetí práce k obhajobě rozhoduje v tomto případě garant příslušného studijního oboru. Tyto zásady jsou závazné pro studenty všech studijních programů a forem bakalářského studia fakulty metalurgie a materiálového inženýrství Vysoké školy báňské – Technické univerzity Ostrava od akademického roku 2017/2018.

Ostrava 13. 11. 2017

  
**Prof. Ing. Jana Dobrovská, CSc.**  
děkanka fakulty metalurgie a materiálového inženýrství  
VŠB-TU Ostrava



# PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že

- jsem byl(a) seznámen(a) s tím, že na moji bakalářskou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb. – autorský zákon, zejména §35 – užití díla v rámci občanských a náboženských obřadů, v rámci školních představení a užití díla školního (§60 – školní dílo);
- беру на ве́домі, že Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava (dále jen VŠB – TUO) má právo nevýdělečně ke své vnitřní potřebě bakalářskou práci užít (§35 odst. 3);
- souhlasím s tím, že bakalářská práce bude archivována v elektronické formě v databázi Ústřední knihovny VŠB – TUO a jeden výtisk bude uložen u vedoucího bakalářské práce. Souhlasím s tím, že údaje o bakalářské práci budou zveřejněny v informačním systému VŠB-TUO;
- было с́jednáno, že s VŠB – TUO, v případě zájmu z její strany, uzavřu licenční smlouvu s oprávněním užít dílo v rozsahu §12 odst. 4 autorského zákona;
- было с́jednáno, že užít své dílo – bakalářskou práci nebo poskytnout licenci k jejímu využití mohu jen se souhlasem VŠB – TUO, která je oprávněna v takovém případě ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které byly VŠB – TUO na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše);
- беру на ве́домі, že odevzdáním své bakalářské práce souhlasím s jejím zveřejněním podle zákona č. 111/1998Sb., o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (Zákon o vysokých školách) bez ohledu na výsledek její obhajoby.

Místopřísežně prohlašuji, že jsem celou bakalářskou práci vypracoval(a) samostatně.

V Ostravě .....

18. 5. 2018

Antonín Růž

.....  
podpis (jméno a příjmení studenta)

## Poděkování

Na tomto místě bych rád poděkoval vedoucímu bakalářské práce **Ing. Michalu Buráňovi** za cenné připomínky a odborné rady, kterými přispěl k vypracování této bakalářské práce

## ABSTRAKT

Účelem této bakalářské práce je seznámení s bateriovými packy elektromobilu a jejich možnou výrobou. V první části této práce se zabývám současným stavem vyrobených bateriových packů. Ve druhé části popisuji technologie použité při výrobě těchto packů. Dále pak následuje srovnání tenkostěnného spojování materiálu (svařováním, nýtováním a lepením). V poslední části porovnávám jednotlivé výsledky mechanických zkoušek spojovaných materiálů.

## KLÍČOVÁ SLOVA

Bateriový pack, svařování, lepení, nýtování, elektromobil

## ABSTRACT

The purpose of this bachelors thesis is familiarization with battery packs used in electromobile and their possible production. The first part of this thesis, deals with the current state of produced battery packs. The second part describes technology used in production of these packs. The following topic is about comparison of thin-walled merging of materials (welding, riveting and gluing). The last part is about comparing individual results of mechanic tests of the merged materials.

## KEY WORDS

Battery pack, welding, bonding, riveting, electric car

# Obsah

Seznam použitých značek a symbolů .....	10
Úvod .....	11
1 Shrnutí současného stavu .....	12
1.1 Tesla Model S .....	12
1.2 BMW i3 .....	13
1.3 Volkswagen e-Golf .....	14
1.4 Nissan Leaf .....	14
1.5 Chevrolet Bolt .....	15
2 Metody konstruování bateriových packů a technologie výroby .....	17
2.1 Hliník .....	17
2.1.1 Ohýbání .....	17
2.1.2 Lisování prolisů do plechu .....	21
2.2 Plast .....	23
2.2.1 Vstřikování plastu .....	23
3 Technologie spojování tenkostěnných struktur a jejich srovnání .....	25
3.1 Metody svařování hliníku .....	25
3.1.1 Technologie svařování MIG 131 s nízkým vneseným teplem (speed cold) .....	25
3.2 Nýtování .....	26
3.2.1 Self piercing nýtování (samořezné) .....	27
3.3 Lepení .....	28
4 Mechanické zkoušky a jejich vyhodnocení .....	30
4.1 Zkouška tahem .....	31
4.2 Zkušební vzorky .....	34
4.2.1 Svařovaný vzorek .....	35
4.2.2 Nýťovaný vzorek .....	36
4.2.3 Lepený vzorek .....	38



4.3	Vyhodnocení tahové zkoušky .....	39
4.3.1	Vyhodnocení svařovaného spoje .....	39
4.3.2	Vyhodnocení nýtovaného spoje.....	41
4.3.3	Vyhodnocení lepeného spoje.....	42
4.3.4	Vyhodnocení všech spojů.....	43
4.4	Celkové zhodnocení.....	43
Závěr.....		44
Seznam Obrázků.....		45
Seznam Tabulek .....		47
Seznam použité literatury .....		48
Seznam příloh .....		52

## SEZNAM POUŽITÝCH ZNAČEK A SYMBOLŮ

Označení	Význam	Jednotky
<b>A</b>	Tažnost	[%]
<b>E</b>	Modul pružnosti v tahu	[MPa]
<b>E<sub>m</sub></b>	Energetická kapacita modulu	[kW h]
<b>E<sub>p</sub></b>	Energetická kapacita packu	[kW h]
<b>L</b>	Měřená délka zkušební tyče po přetržení	[mm]
<b>L<sub>0</sub></b>	Výchozí měřená délka zkušební tyče	[mm]
<b>m<sub>p</sub></b>	Hmotnost packu	[kg]
<b>R<sub>e</sub></b>	Mez kluzu	[MPa]
<b>R<sub>m</sub></b>	Mez pevnosti	[MPa]
<b>r<sub>m</sub></b>	Zaoblení matrice	[mm]
<b>R<sub>p0,2</sub></b>	Smluvní mez kluzu	[MPa]
<b>S</b>	Průřez zkušební tyče v místě přetržení	[mm <sup>2</sup> ]
<b>S<sub>0</sub></b>	Původní průřez výchozí tyče	[mm <sup>2</sup> ]
<b>U<sub>m</sub></b>	Napětí modulu	[V]
<b>V<sub>p</sub></b>	Objem bateriového packu	[l]
<b>Z</b>	Kontrakce	[%]
<b>θ<sub>p</sub></b>	Objemová energetická hustota bateriového packu	[W h/l]
<b>μ<sub>p</sub></b>	Měrná energie bateriového packu	[W h/kg]
<b>σ</b>	Napětí	[MPa]
<b>ε</b>	Deformace	[%]

# ÚVOD

V automobilovém průmyslu v dnešní době jsou elektromobily velmi častým tématem. Tyto vozy ke svému pohybu používají elektromotor. Jako zdroj energie je používán obvykle akumulátor, který lze nabít v nabíjecí stanici nebo ze standardní elektrické zásuvky v domácnostech. Tyto baterie jsou uloženy v bateriovém packu. Pack je hlavní schránkou pro bateriové články a musí být dostatečně izolovaný.

Bateriový pack je zhotovený z materiálů, které mají určité vlastnosti. Jako hlavní materiál na výrobu bateriového packu se většinou používají hliníkové slitiny, které mají výborný poměr hmotnosti k pevnosti. Hliníkové slitiny mají výbornou tvárnost a dobrou svařitelnost, a proto se dají využít při výrobě packu různé technologie. V automobilovém průmyslu se zaměřují právě na snížení celkové hmotnosti vozidla při zachování bezpečnosti a spolehlivosti. Dalším materiálem použitým při výrobě je určitý druh plastu. Vlastnosti plastu můžeme namíchat dle chemického složení tak abychom dosáhli potřebných vlastností. V této bakalářské práci se zabývám problematikou výroby bateriových packů.

V první části se zabývám současným stavem bateriových packů, které už jsou v provozu. Porovnávám je zde jak z konstrukčního hlediska, tak i z jejich energetické stránky.

Druhá část popisuje různé druhy technologií, které jsou použity při výrobě bateriového packu. Pro hliníkové slitiny to jsou technologie ohýbání (lemování), lisování prolisu do plechu. Pro plasty to je technologie vstřikování plastu. Popisuji zde jejich hlavní princip a také jejich určité výhody a nevýhody.

Ve třetí části se odkazují na práce mých kolegů v rámci katedry materiálu a technologii pro automobily. V této části popisují tenkostěnné spojování materiálu pomocí určitého druhu svařování, nýtování a lepení.

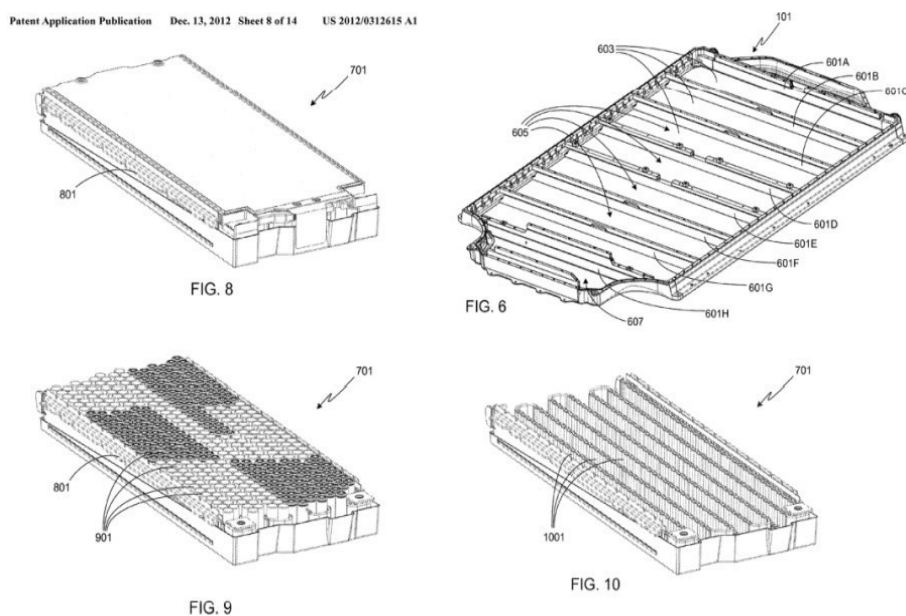
V poslední části vyhodnocuji výsledky destruktivní zkoušky tahem. Spojovaný materiál byl spojen technologií popsanou v předchozí části.

# 1 SHRUTÍ SOUČASNÉHO STAVU

V této části mé práce se budu věnovat současnému stavu bateriových packů u elektromobilů. Představím zde pár modelů elektromobilových packů a popíši jak jejich jednotlivou konstrukci, tak jejich elektrické vlastnosti.

## 1.1 Tesla Model S

Bateriový pack elektrického vozidla Tesla Model S vidíme na obr. 1. Bateriový pack se skládá celkem ze 16 modulů, kdy v jednom modulu je 444 cylindrických článků, které mají energetickou kapacitu  $E_m = 5,3 \text{ kW h}$  a napětí modulu je  $U_m = 24 \text{ V}$ . Hmotnost packu je  $m_P = 540 \text{ kg}$ .



Obr. 1 Nákres bateriového packu vozidla Tesla Model S [1]

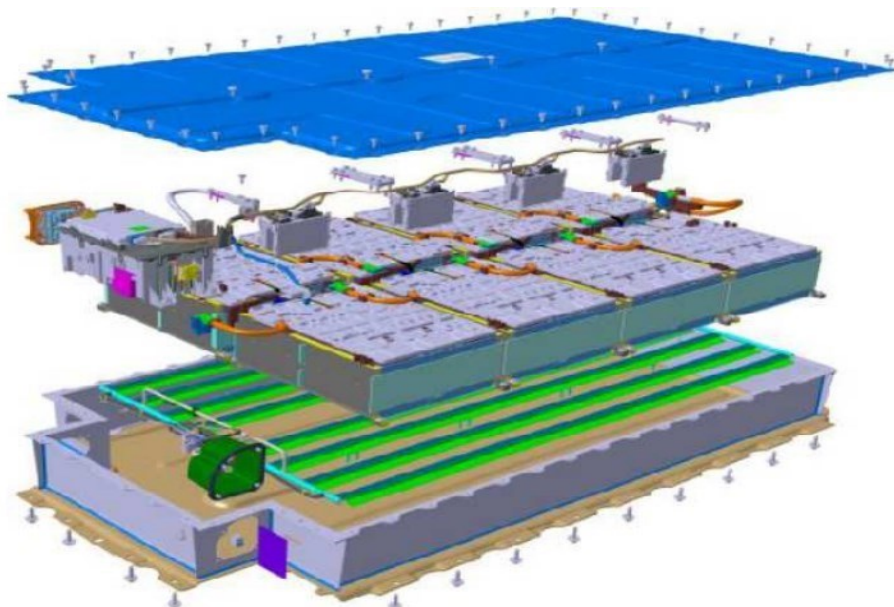
Konstrukce toho packu je z hliníkových profilů a plechů, které jsou prolisovány, aby měli lepší pevnostní vlastnosti a nedocházelo tak k prohýbání plechů. Tyto materiály byly spojovány nýtováním a určité části byly svařované. Na obr. 2 vidíme jak prolisované plechy, tak nýty v rozích. [1] [2]



*Obr. 2 Bateriový pack Tesla Model S [2]*

## 1.2 BMW i3

Pack firmy BWM je tvořen 8 moduly, kdy v jednotlivém modulu je uloženo 12 bateriových článků. Tyto články mají jmenovité napětí  $U_m = 360\text{ V}$  s celkovou energetickou kapacitou  $E_m = 22\text{ kW h}$ . Hmotnost tohoto packu  $m_p = 233\text{ kg}$ . Tento pack má podvozkovou platformu. [1][3]

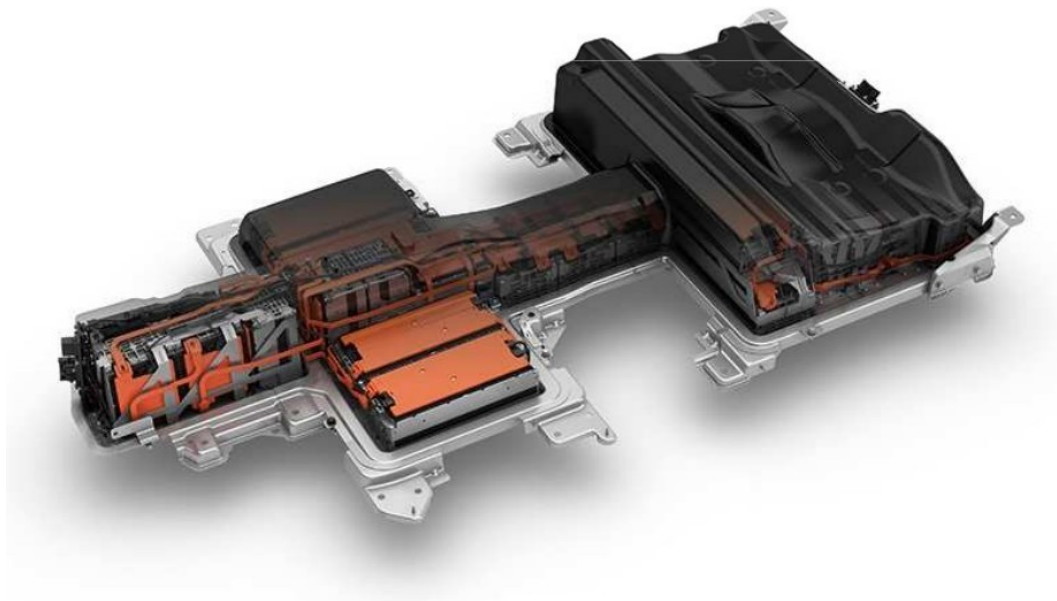


*Obr. 3 Bateriový pack BMW i3 [1]*

Konstrukci packu, kterou vidíme na obr. 3, dominuje hliník. Lehké pouzdro, které bylo zhotoveno odléváním do určitého druhu forem. Horní díl je vyroben pomocí vytlačování do hliníkových plechů pro zvýšení pevnosti. [3]

### 1.3 Volkswagen e-Golf

Tento pack je složen z 27 modulů, které tvoří 6 nebo 12 bateriových článků. Pack má hmotnost  $m_p = 312$  kg. Jeho energetická kapacita činí  $E_m = 22$  kW h.



*Obr. 4 Volkswagen e-golf bateriový pack [1]*

Na obr. 4 vidíme tuto samonosnou platformu. Pack je zhotoven z plastového pouzdra, které bylo zhotoveno pomocí vstřikování plastu. Spodní kryt je tvořen hliníkem z uhlíkových vláken. [1][4]

### 1.4 Nissan Leaf

Bateriový pack vozidla Nissan Leaf má samonosnou platformu, která váží  $m_p = 300$  kg. V tomhle packu je umístěno 48 modulů, které jsou složeny ze 4 článků typu „pouch“ s celkovou jmenovitou kapacitou  $E_m = 30$  kW h. [1]



*Obr. 5 Bateriový pack Nissan Leaf [1]*

Na obr. 5 je bateriový pack automobilky Nissan, který je opět z prolisovaného hliníkového plechu. Ty jsou spojovány svařováním, nýtováním nebo lisováním. [5]

## 1.5 Chevrolet Bolt

Tento samonosný bateriový pack je z těchto výše uvedených nejtěžší, jeho váha činí  $m_p = 485$  kg. Pack se skládá z 10 modulu, které mají 288 lithium iontových článků. O jmenovitém napětí  $E_m = 60$  kW h.



*Obr. 6 Chevrolet Bolt bateriový pack [1]*



Bateriový pack, který je na obr. 6, je zhotoven z hliníkových částí. Tyto části byly prolisované a důležitá místa na uchycení jsou vyztužená. Horní a spodní díl packu je spojený nýtováním. Horní díl je opět z plastu. [1][6]

*Tab. 1 Srovnání jednotlivých packu [1]*

	Platforma	Kapacita $E_p$ [kW h]	Hmotnost $M_p$ [kg]	Objem $V_p$ [l]	Obj.Hustota $\theta_p$ [W h/l]	Měrná energie $\mu_p$ [W h/kg]
<b>Tesla Model S</b>	Podvozková	90	540	365	246	166
<b>BMW I3</b>	Podvozková	22	233	261	84	95
<b>VW e-Golf</b>	Samonosná	24	312	229	106	76
<b>Nissan Leaf</b>	Samonosná	30	300	–	–	100
<b>Chevrolet Bolt</b>	Samonosná	60	485	285	210	123

**Podvozková platforma** je hlavní nosnou konstrukcí automobilu.

**Samonosná platforma** je připevněna ke konstrukci automobilu a měla by svými mechanickými vlastnosti výrazně přispět k celkové tuhosti vozu.

## 2 METODY KONSTRUOVÁNÍ BATERIOVÝCH PACKŮ A TECHNOLOGIE VÝROBY

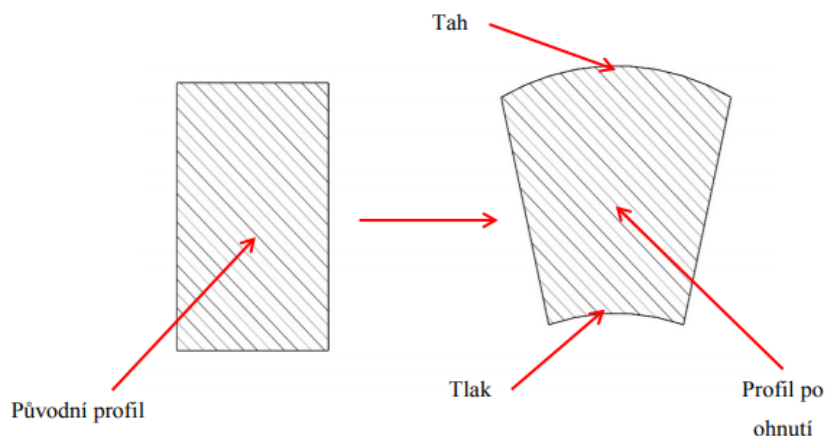
V současné době se pro konstruování bateriových packu využívají určité materiály. Hlavní nosná konstrukce je většinou z hliníkových slitin, což snižuje hmotnost celého packu. Tyto materiály jsou pak konstrukčně upraveny, aby dosáhli požadovaných vlastností. Pro horní díl packu se často používá plastová konstrukce. Plastové díly se využívají především jako izolace a pohledová část. U plastu tyto díly můžeme zhotovit vstřikováním plastu přímo do formy.

### 2.1 Hliník

Hliníková konstrukce pro bateriový pack je vyrobena z plechů a profilů. Úkolem je snížení celkové hmotnosti packu. Tento materiál nám poskytuje větší konstrukční pevnost v případě tolerančního mechanického namáhání a není snadno tavitelný nebo hořlavý. Při práci s hliníkovým materiálem jsou použity tyto technologické operace jako ohýbání a lisování prolisku. Další možnosti pro výrobu je odlévání roztaveného hliníku přímo do forem.

#### 2.1.1 Ohýbání

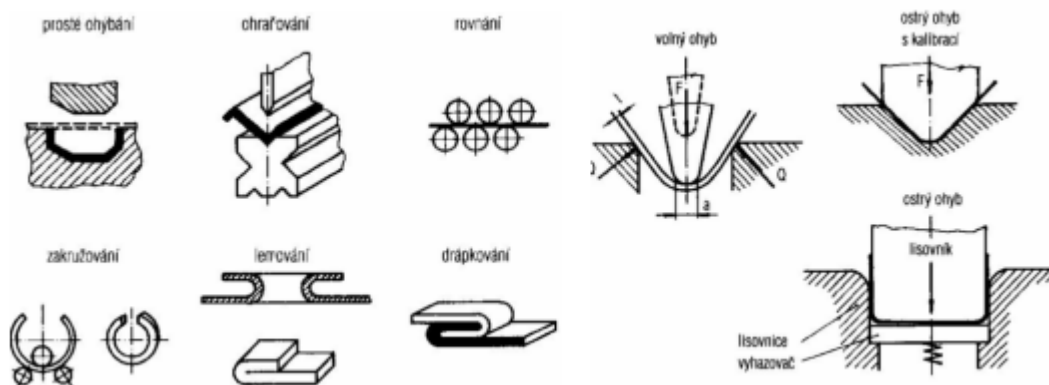
Ohýbání je technologická operace, při které dochází vlivem ohybového momentu od ohybové síly k trvalé deformaci materiálu. Vzniklým napětím se materiál buď rovná nebo ohýbá. K dosažení požadované změny tvaru dochází bez podstatné změny průřezu, a proto tato technologie patří do oblasti plošného tváření. Změnu průřezu vidíme na obr. 7, že polotovar obdélníkového průřezu se změní vlivem deformace v průřez lichoběžníkový. Tato technologická operace se provádí ve většině případů za studena, v případě pouze velkých průřezů materiálů vyšších pevnosti za tepla. Při ohýbání širokých polotovarů se deformuje příčný průřez méně než při ohýbání úzkých polotovarů. Technologie ohýbání se zabývá tvářením mnoha různých polotovarů například plechů, profilů, pásu a tyčí. [7]



Obr. 7 Změna průřezu vlivem deformace při ohýbání obdélníkového profilu [7]

Abychom dosáhli trvalého ohybu je nutné, aby bylo ohybové napětí nad mezí kluzu  $R_e$ , ale přitom nesní překročit mez pevnosti  $R_m$ . Mohlo by totiž dojít k porušení soudržnosti tvářeného materiálu. Kolem střední části průřezu se vyskytují tahová napětí tak malá, že dosahují meze úměrnosti. Na vnější straně ohýbaného polotovaru dochází k napětí tahovému a na vnitřní straně zase vzniká tlakové napětí. Tato deformace materiálu je pružně-plastická. [7]

Ohýbání se provádí buď to strojně nebo ručně, a to za studena. Některé technologie, které využívají proces ohýbání, jsou zobrazeny na obr. 8. Ohýbání za tepla se provádí pouze metodou strojní, a to u materiálu velkých tlouštěk. [8]

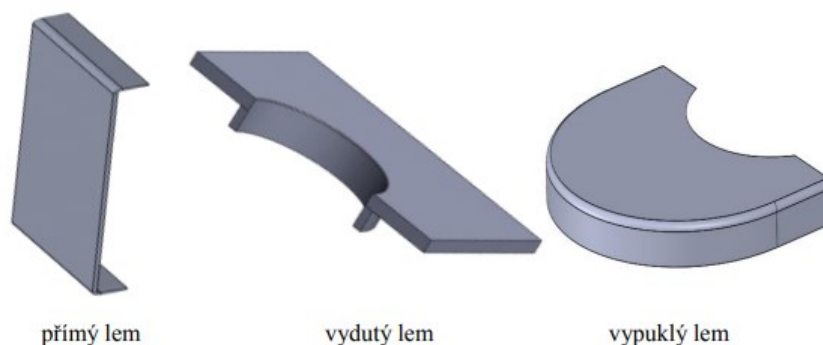


Obr. 8 Technologie využívající proces ohýbání [8]

### 2.1.1.1 Lemování

Technologie lemování je jednou z aplikací využívající proces ohýbání. Jde o ohyb přesahující okraje polotovaru určité délky přes hranu ohybnice (matrice) s výsledkem vytvořit požadovaný úhel ohybu. Nejvíce vyskytující se druh ohybu je buď to  $90^\circ$  nebo  $180^\circ$ . Dochází

k tlakovému a tahovému namáhání na polotovary při zhotovení lemu. Lze rozeznat tři základní typy: přímý, vydutý a vypuklý lem, které můžeme vidět na obr. 9.



*Obr. 9 Typy Lemů [9]*

Při výrobě musíme dbát na standardizaci nástrojů a podmínek procesu. Při jejich nedodržení může dojít ke vzniku defektů a porušení celistvosti materiálů, jako jsou trhliny, odpružení, zvlnění, velké ztenčení stěny nebo nedostatečná výška lemu. Na obr. 10 jsou zobrazeny některé druhy těchto defektů. Nejdůležitějším výrobním parametrem je geometrie nástrojů (matrice a lisovníku) a síly od spodních a horních přidržovačů.

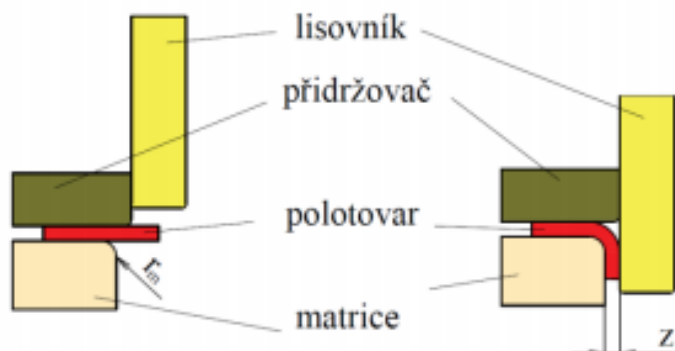


*Obr. 10 Defekty lemu [9]*

Lemování lze rozdělit do tří základních skupin. V první skupině je pevný materiál nejčastěji z kalené či vytvrzené oceli. Materiál je deformován silou působící na tento pevný materiál. U druhé skupiny nepevný nástroj působí na elastomer, který je uložený v pouzdře. Elastický nástroj je šetrnější k povrchu výlisku. V třetí metodě se využívá magnetického tlaku, který je vytvořený pomocí cívky a elektrického proudu. [9]

**LEMOVÁNÍ PEVNÝM NÁSTROJEM** – Princip lemování je schematicky zobrazený na obr. 11. Na lisovnici se zaoblenou hranou se uloží polotovar s přesahem o velikosti rozvinuté výšky lemu. K dolní úvrati se začne pohybovat lisovník. Přidržovač dosedá nejdříve na ohýbaný materiál. Jehož úkolem je udržet rovinu plechu. Nejčastěji je spojen přímo s beranem plynovými pružinami. Pohybem beranu směrem dolu vytvoří lisovník lem. Parametrem procesu

je poloměr zaoblení matrice  $r_m$ , velikost mezery „z“ mezi lisovnicí a lisovníkem, tvar čela lisovníku a síla přidržovače. Těmito účinky ovlivňujeme výsledný tvar lemu. [10]



Obr. 11 Lemování pevným nástrojem [9]

**LEMOVÁNÍ NEPEVNÝM NÁSTROJEM** – Je založeno na použití dvou činných částí nástroje. Jedna část nástroje je elastická a dokáže během cyklu měnit svůj tvar. U lemování je lisovnice elastickou částí, která je vyrobena z elastomeru a uložena v pouzdře. Pro elastické medium se využívá pryž nebo polyuretan. Silovým působením beranu lisu je lisovnice přitlačována na polotovar. Se zvyšujícím se tlakem dochází k tomu, že se elastomer vychyluje a umožňuje materiálu vytvoření lemu kolem lisovníku. Díky nepevnému nástroji dochází k ohybu materiálu kolem lisovníku a ten vytvoří poloměr ohybu, který bude podobný skutečnému zaoblení lisovníku. Dochází k zhotovení lemu najednou. Princip metody je zobrazen na obr. 12. Pro tuto metodu se nejčastěji používají hydraulické lisy, které dokáží působit pozvolna silou a díky tomu je plech lépe tvarován. Metoda je vhodná pro tenkostěnné plechy. Je potřeba velké síly k přetvoření elastomeru. Tento druh lemování se hodí pro malosériovou výrobu nebo spíše pro kusovou výrobu. [9]



Obr. 12 Lemování nepevným nástrojem [9]

**Tab. 2 Výhody a nevýhody lemování [9]**

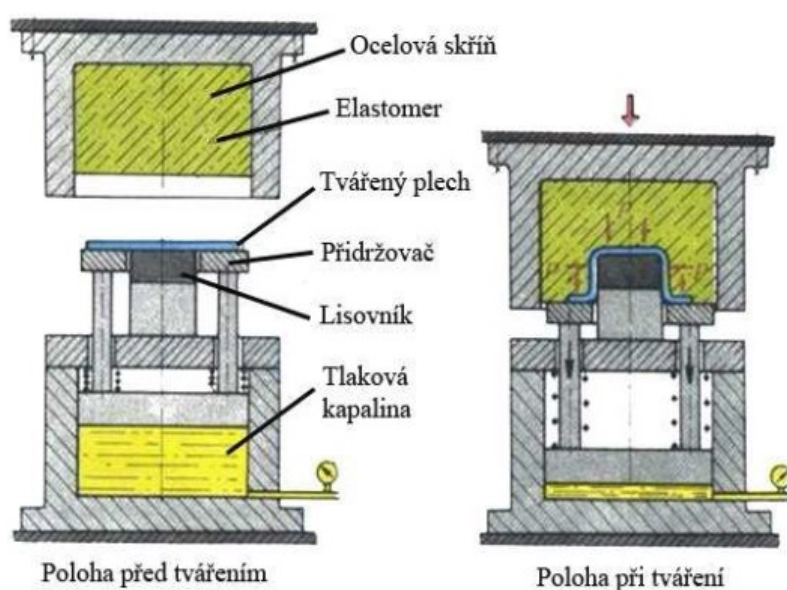
Výhody	Nevýhody
Vyztužení okraje výlisku	Vznik trhlin vlivem zmenšování tloušťky plechu
Zaoblení ostrých hran	Použití správného materiálu s dostatečnou tažností
Ozdobný vzhled	

### 2.1.2 Lisování prolisů do plechu

Lisování plechu pomocí elastomeru se v průmyslu stále více používá, jako prostředek k přenášení tlaku. Tlak se rozděluje stejnosměrně na celý povrch výtažku. Odlehčené dno materiálu nám zapříčiní snížení zeslabování materiálu v místě zaoblení. Zde je možné snížit počet lisovacích operací. Případné praskání materiálů, lze odstranit žíháním. Nevýhodou je poměrně velké opotřebení elastomeru při tomto způsobu tváření. Elastomer (pryž, polyuretan) nahrazuje drahou lisovnici (formu). Bývá poskládaná i z několika vrstev elastomeru. Lisovnice mohou být z plněných pryskyřic (pro lisování Al plechů) nebo plastů, také mohou být kovové z uhlíkové oceli (málokdy slitinové nástroje). Lze využít u některých metod jednočinných lisů, protože elastomerový polštář nahrazuje přidržovač. Pro tažení tenkých plechů je velmi vhodný elastomer, ale při větších součástech lze tvářet pouze poměrně malými redukcemi. Dochází k rychlému opotřebení horní vrstvy elastomeru, a proto se polštáře obvykle používají z několika vrstev. Lze takto měnit právě opotřeбенou vrchní vrstvu. Elastomer při vlastním tváření musí odolat konečným vysokým tlakům, proto nesmí být křehký, musí mít dostatečnou pružnost a vysokou pevnost. Pro tažení se obvykle používá měkčích druhů elastomerů, které vykazují menší opotřebení. Elastomer o menší tvrdosti se obvykle používá do tlaku 50 MPa a z vyšší tvrdosti až do tlaků 1000 MPa. Používá se pro vyzkoušení nejrůznějších výtažků a v automobilovém průmyslu pro vyzkoušení nové konstrukce. Mezi hlavní metody tváření pomocí elastomeru patří (metoda MARFORM, HIDRAW, GUÉRIN). [11] [12]

**MARFORM** – tato metoda se hodí pro hlubší výtažky. Skládá se z desky (skříně) vyplněné elastomerem, která je uložena v hodní části a upevněna k lisu beranu. Nepohyblivý lisovnick

ve spodní části je upevněn základovou deskou na stole lisu. Lisovnice se pohybuje oproti lisovníku. Přidržovač a jeho přitlačná síla je regulovaná v závislosti na zdvihu pomocí mechanické vazby přepouštěcím ventilem. Používá se přidržovač, který je ovládán hydraulicky. Lisování zde probíhá tak, že po vložení výchozího materiálu na desku přidržovače začne nástroj s elastomerem sestupovat. Dále působí tlakem na materiál a stlačuje přidržovač, přičemž se materiál táhne na požadovaný tvar. Po dokončení pohybu lisu se horní část lisovnice zvedne, čímž se uvolní tlak na elastomeru na přidržovač a výtažku. Na obr. 13 je znázorněn princip metody. Tento způsob je levnější a lze jej využít pro malosériovou výrobu nebo spíše pro kusovou výrobu. [12]



Obr. 13 Metoda MARFORM [13]

Tab. 3 Metoda MARFORM výhody a nevýhody [12] [13]

Výhody	Nevýhody
Nižší cena nástroje	Je zapotřebí velkých tvářecích sil
Výroba rozměrných výtažků	Vysoká cena lisu
Nedochází ke ztenčení plechu	Potřeba dvojčinného lisu nebo přídavného zařízení u jednočinného
Přez nezanedbává na povrchu materiálu žádné stopy	Nízká životnost nástroje (2000 až 3000 výtažků)
Lze použít na hluboké tažení	Malá tloušťka taženého materiálu



## 2.2 Plast

Plasty se ve výrobě bateriových packů používají především pro své vlastnosti. Odpovídajícím chemickým složením a výrobním postupem při výrobě lze mícháním různých plastů získat téměř libovolné vlastnosti.

*Tab. 4 Typické vlastnosti plastů [14]*

Tvarovatelnost	Odolnost proti korozi a chemickým vlivům
Malá hustota	Dobrá tvarovatelnost a opracovatelnost
Volitelné mechanické vlastnosti	Možnost barvení
Elektroizolační vlastnosti	Hladký, dekorativní povrch
Dobrá tepelná izolace	

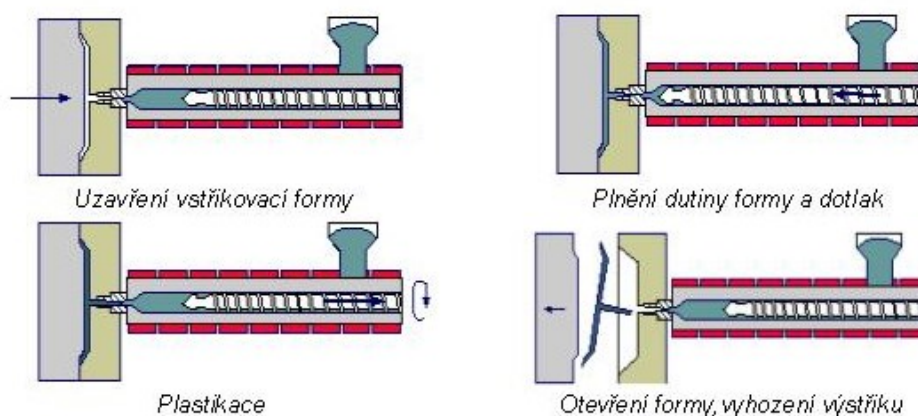
Plasty mají také vlastnosti, které jejich použití omezují: většinou malá tepelná vodivost, většinou malá pevnost, částečná hořlavost, částečná nestálost k ředidlům. [14]

### 2.2.1 Vstřikování plastu

Vstřikováním se vyrábějí produkty, které mají charakter konečného výrobku, nebo to mohou být polotovary nebo pro následné sestavování výrobku z více dílů z různých druhů materiálu. Tyto předměty mají vysokou rozměrovou a tvarovou přesnost. Postup vstřikování je nejrozšířenější technologií na zpracování plastů. Nesouvislý a opakující se proces. Tímto způsobem je možné zpracovat téměř všechny druhy termoplastů. V omezené míře je možnost vstřikovat i některé reaktoplasty a kaučuky.

Vstřikování plastu je způsob tváření plastů za pomoci stroje, který je opatřen uzavírací a vstřikovací jednotkou. Pomocí otáčení šneku se připraví přesná dávka roztaveného plastu. Do uzavřené dutiny kovové formy je vysokou rychlostí vstříknutá dávka plastu. Výduť formy má tvar konečného výrobku. Plast ve formě ztuhne ve finální výrobek.

Proces začíná násypem granulovaného plastu do násypky, která je umístěna na vstřikovací jednotce. Poté je šnekem odebrán, ten se nachází uvnitř vstřikovací jednotky. Pomocí topení a tření granulí plast roztaje a vzniká tavenina. Do dutiny formy je vstřikovaná tavenina, která formu zaplní celou a kopíruje její tvar. Poté dochází k tlakové fázi, která sníží smrštění a dokáže eliminovat rozměrové změny. Plast předává formě teplo a poté dochází k jeho ztuhnutí ve finální výrobek. Poté se forma otevře a výrobek je vyhozen. [15]



Obr. 14 Zjednodušený vstřikovací cyklus [15]

Tab. 5 Výhody a nevýhody vstřikování plastu [15] [16]

Výhody	Nevýhody
Výrobky mají vysokou rozměrovou i tvarovou přesnost	Velké pořizovací náklady na nákup strojů a forem
Na jeden cyklus lze získat konečný díl	Velikost strojního vybavení ve vztahu k velikosti dílu
Možnost velmi tvarově složitých dílů	Technologie vstřikování vhodná pro velkosériovou výrobu
Výborná kvalita povrchu	
Velmi krátký výrobní cyklus	

### **3 TECHNOLOGIE SPOJOVANÍ TENKOSTĚNNÝCH STRUKTUR A JEJÍCH SROVNANÍ**

V této kapitole budu popisovat jednotlivé technologie tenkostěnného spojování, které se využívají při výrobě bateriových packů. Při výrobě se používají především hliníkové materiály. Pro hliníkové materiály používáme technologie svařování, nýtování a lepení

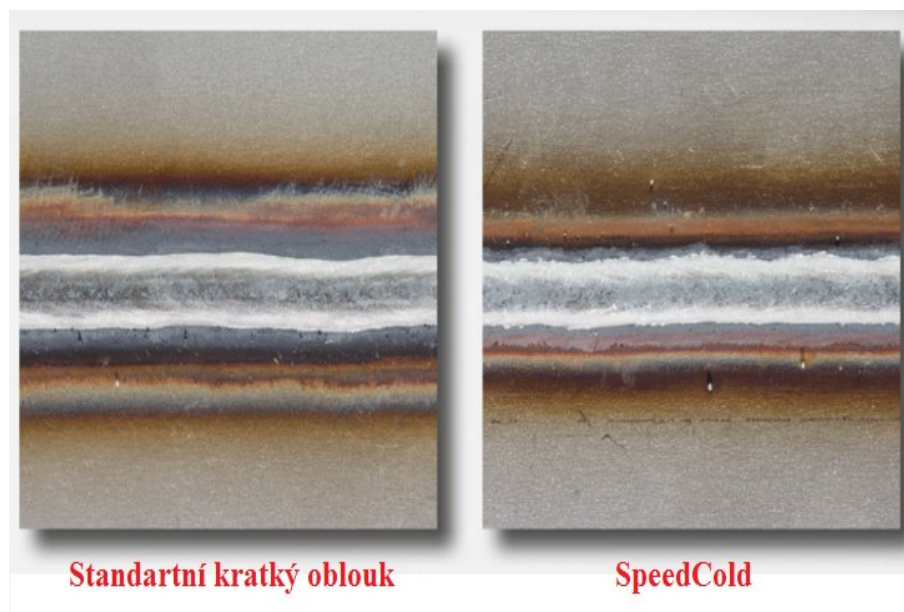
#### **3.1 Metody svařování hliníku**

Pro svařování hliníku máme celou řadu svařovacích metod. V průmyslové praxi jsou nejvíce využité obloukové svařování v ochranné atmosféře, a to metoda TIG 141 a MIG 131. Další možnosti, jak svařovat hliník jsou např. svařování elektronovým nebo laserovým paprskem, obloukové svařování obalenou elektrodou, odporové svařování, plazmou.

##### **3.1.1 Technologie svařování MIG 131 s nízkým vneseným teplem (speed cold)**

Tato metoda vyžívá hoření elektrického oblouků v ochranné atmosféře, který chrání tavnou lázeň a elektrodu před vzduchem. Ochranou atmosféru máme buď inertní nebo aktivní. K ochraně svarové lázně se používají především inertní plyny, který musí působit pozitivně na zapálení a hoření oblouku. Mezi základním materiálem a tavící se elektrodou hoří oblouk. Přídavný materiál v podstatě plní funkci elektrody. Tento materiál je ve formě plněného nebo trubičkového drátu. [17] [18]

Tato technologie svařování s nízkým vneseným teplem produkuje krátkodobý modifikovaný oblouk se sníženou energií. S technologií speed cold můžeme svařovat silné plechy s optimálním rozstříkem. A kdyby se nám přeci podařilo nějaký rozstřík vytvořit, nemusí se používat další nástroje. Rozstřík je dostatečně studený, že se k danému materiálům nepřilepí stačí setření rukavicí. [19]



Obr. 15 Svařování CrNi svar „I“ tloušťka 1,5 mm [19]

Tab. 6 Technologie svařování speed cold její výhody a nevýhody [19]

Výhody	Nevýhody
Vnesené teplo až o 25 % nižší než u normálního Mig svařování	Vyšší pořizovací cena
Menší rozstřík	Možnost svařovat materiál jen do tloušťky 1,5 mm
Lepší průvar	Teplem ovlivněná oblast (u slitiny hliníků snížení mezi kluzu)
Možnost rychlejšího svařování	
Lepší zachování korozivzdorné ochrany	

## 3.2 Nýtování

Nýtování je technologický proces, při kterém dochází k nerozebíratelnému spojení dvou materiálů. V současné době se nýtování používá při stavbě automobilů. Využívá se při stavbě karoserií a nýtování lepených bateriových packů pro elektromobily.

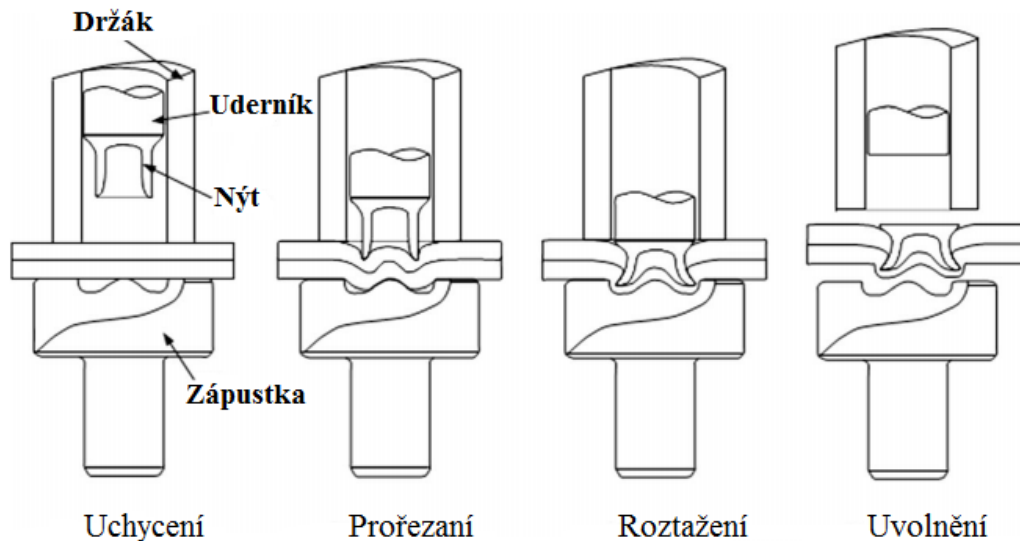
### 3.2.1 Self piercing nýtování (samořezné)

Tento typ nýtování se používá především v automobilovém průmyslu, a to pro spojení hliníkových slitin a vysokopevnostních ocelí. Tuto metodu využívají automobilky světových značek např. BMW, Tesla, Audi a další.

Toto spojení je velmi jednoduché, rychlé a levné. Nepotřebujeme díru pro nýt a tím nedojde k oslabení materiálů. K podpoření pevnosti spoje v hodně případech používáme lepidlo, které podporuje snížení hluku a vibrací.

Používané zařízení pro spojování samořeznými nýty se skládá z pohonné jednotky, kleští, razníku, matrice a zásobníků nýtu.

Proces spojování materiálu je rozdělen do čtyř etap. V první etapě nejdříve dojde k upnutí mezi spojovaným materiálem a nýtem. Po uchycení následuje prořezání, kdy je razník stlačen s nýtem dolů k spojovanému materiálu a prochází skrz něj. Dále následuje roztažení nýtu, kdy při vzniku spoje dochází k protlačení přes plech a k mírnému roztažení nýtu na konci. Uvolnění je poslední etapou při výrobě nýtového spoje. Razník se vrátí do původní polohy a je vyjmut spojený materiál. [20]



Obr. 16 Schéma procesu čtyř fází nýtování [20]

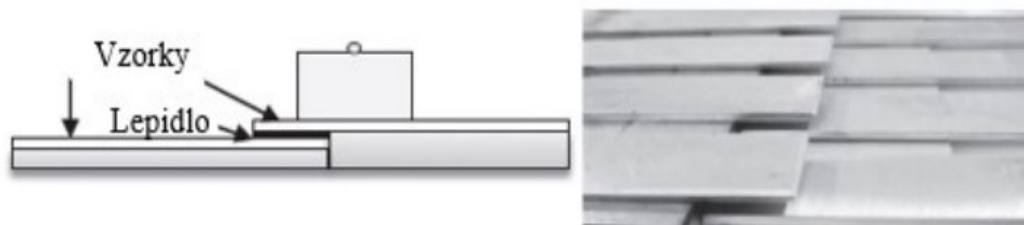
**Tab. 7 Výhody a nevýhody Self piercing nýtování [20] [21]**

Výhody	Nevýhody
Nízká energie procesu	Vyžaduje přístup k oběma stranám spoje
Snadná automatizace a robotizace technologie	Velikost nýtovací pistole omezuje, přístup k některým oblastem spoje
Možnost spojovat různorodý materiál	Problém s vyboulením
Nýtování neprodukuje zdraví škodlivé emise	Nutnost použití antikoročních vrstev, z důvodu omezení koroze
Dobrá životnost nástrojů v řádu 103-104 nýtů	

### 3.3 Lepení

Technologie lepení materiálů je osvědčený způsob spojování materiálů. Pro spojování hliníkových slitin je vhodná technologická metoda právě lepení. U řady automobilů byly prokázány výhody lepeného spoje. [22]

Pro lepený spoj musíme náš materiál nařezat na určité velikosti abychom mohli vytvořit spoj. Poté následuje úprava povrchu našeho vzorku, a to buď broušením nebo leptáním. Při broušení používáme brusné papíry o různém druhu zrnitosti. Pro leptání používáme různé druhy kyselin. Povrchová úprava se volí podle druhů použitého lepidla. Dále náš vzorek odmastíme acetonem a můžeme nanést určitou vrstvu lepidla pomocí dávkovací pistole. Náš spoj zatížíme závažím po určitou dobu. Vzorek umístíme do sušárny, aby se lepidlo dostatečně vytvrdilo a následně necháme vychladnout. [23]



*Obr. 17 Druh lepeného spoje [23]*

*Tab. 8 Výhody a nevýhody lepených spojů [24] [25] [26]*

Výhody	Nevýhody
Lepený spoj dobře absorbuje energii, tlumí hluk a vibrace	Při práci s lepidlem musíme, zajisti správný oděv a odvětrávání
Vysoká pevnost ve smyku	Lepidla mají omezenou trvanlivost
Možnost spojení nekompatibilní materiály	Lepený spoj představuje v konstrukci automobilu slabé místo.
Materiál není teplotně ovlivněn	
Lepidlo poskytuje mechanickou pevnost a zatěsňuje spoj proti vlhkosti a nečistotám.	



## 4 MECHANICKÉ ZKOUŠKY A JEJICH VYHODNOCENÍ

V praktické části této bakalářské práce budu porovnávat výsledky destruktivní zkoušky tahem. Materiály k porovnání byly spojeny technologiemi, které jsou popsány v předchozí kapitole a poté byly přetrženy a výsledkem je tahový diagram. Budeme srovnávat technologie spojování, které jsou dostupné na naší katedře.

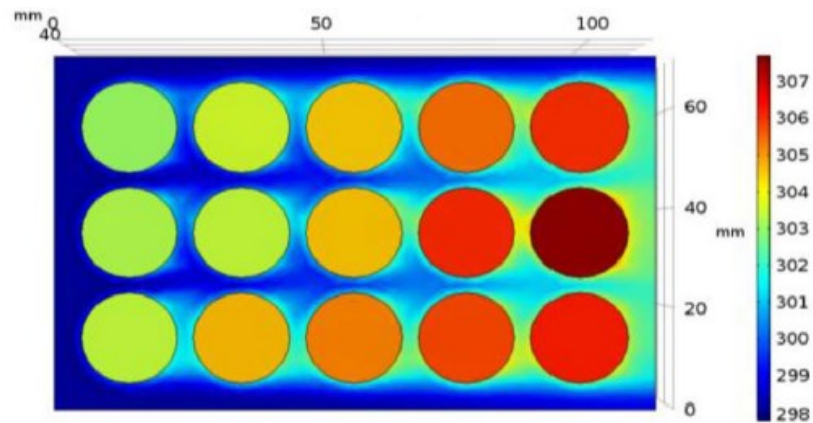
Dochází ke změně technologie pro nýtovaný vzorek. Důvodem je, že výsledky snýtovaných vzorku nestihnout dojít včas, aby se mohly použít v této bakalářské práci. A proto bylo použito alternativní řešení. Vzorek je spojen první pomocí lepení a poté je snýtován trhacími nýty.

Spoje v bateriovém packu jsou namáhány také teplem, které dokáže vygenerovat baterie z cylindrických článků. Lithium-iontový cylindrický článek je zobrazen na obr. 18.



*Obr. 18 Lithium-iontový cylindrický článek*

Z publikace víme, že provozní teplota okolí lithium-iontových článků je přibližně 25 až 40 °C. Ukázku provozních teplot vidíme na obr. 19. Tyto teploty sice nejsou nějak vysoké, ale kdyby došlo k přehřátí článků, tak by mohlo dojít k degradaci lepených spojů, které dle přílohy C dokáže vydržet jen určitý počet dní. [27]



Obr. 19 Teplotní namáhání cylindrických článků [27]

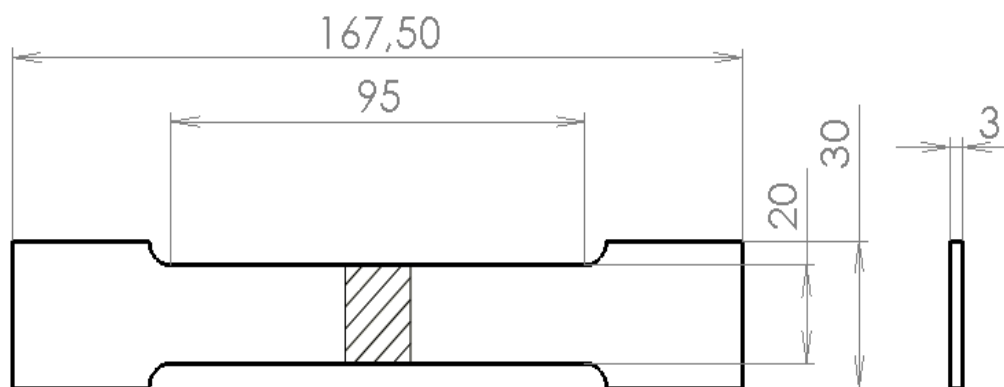
## 4.1 Zkouška tahem

Zkouška tahem je díky své jednoduchosti jednou z nejpoužívanějších a nejrozšířenějších metod zkoušení mechanických vlastností materiálu. Zkoušku provádíme na zkušebních tyčích pomocí zkušebního trhačního stroje typu (Trhačí stroj série LFV 100kN), který je zobrazen na obr. 20. Přesný popis přístroje nalezneme v příloze A.



Obr. 20 Trhačí stroj série LFV 100kN

Zkušební tyč je obvykle odebrána obráběním vzorku z výrobku. Vzorky o stálém příčném průřezu mohou být podrobeny zkoušce bez obrobení. Tvar a rozměr zkušebních tyčí závisí na rozměrech kovových výrobků, pro které jsou určovány mechanické vlastnosti. Příčný průřez zkušebních těles může být čtvercový, prstencový nebo obdélníkový. Upínání zkušebních tyčí do zkušebního stroje je pomocí klínek a hydraulických čelistí tak, aby zatížení působilo pouze v ose zkušební tyče.



Obr. 21 Rozměry zkušební tyče podle ČSN EN ISO 6892-1 [28]

Zkušební tyč se během zkoušky deformuje tahovým zatížením až do jejího přetržení pro určení mechanických vlastností. Tahová zkouška se provádí dle normy ČSN EN ISO 6892-1 a má pět částí.

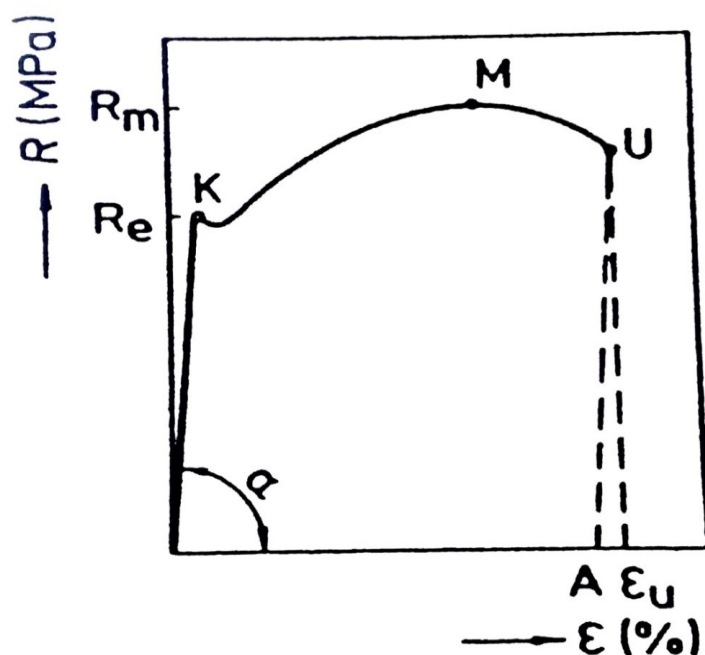
Z tahové zkoušky jsme schopni zjistit lineární závislost deformace na napětí, mez pevnosti  $R_m$ , mez kluzu  $R_e$ , kontrakci a tažnost. [28]

- **Závislost deformace na napětí**

Vychází z Hookova zákona, viz podle rovnice:

$$\sigma = \varepsilon \cdot E \quad (1)$$

kde:  $\sigma$  = napětí (MPa)  
 $\varepsilon$  = deformace (%)  
 $E$  = modul pružnosti v tahu (MPa)



Obr. 22 Tahový diagram (ČSN EN 10002 - kovové materiály-Zkouška tahem) [29]

- **Mez kluzu  $R_e$  (MPa)**

Mez kluzu je místo v tahovém diagramu (bod K), kdy dojde k prudkému nárůstu deformace a nastane přechod elastické deformace (vratná deformace) na plastickou (nevratná deformace).

- **Mez pevnosti  $R_m$  (MPa)**

Na tahovém diagramu označen bodem M, v tomhle místě dojde k maximálnímu povolenému zatížení materiálu a následuje lom.

- **Tažnost**

Tažnost A je dána v procentech (%). Jedná se o schopnost materiálu plasticky se deformovat.

Tažnost se vypočítá podle vzorce:

$$A = \frac{L - L_0}{L_0} \cdot 100(\%) \quad (2)$$

kde:  $L$  = měřená délka zkušební tyče po přetržení (mm)  
 $L_0$  = výchozí měřená délka zkušební tyče (mm)

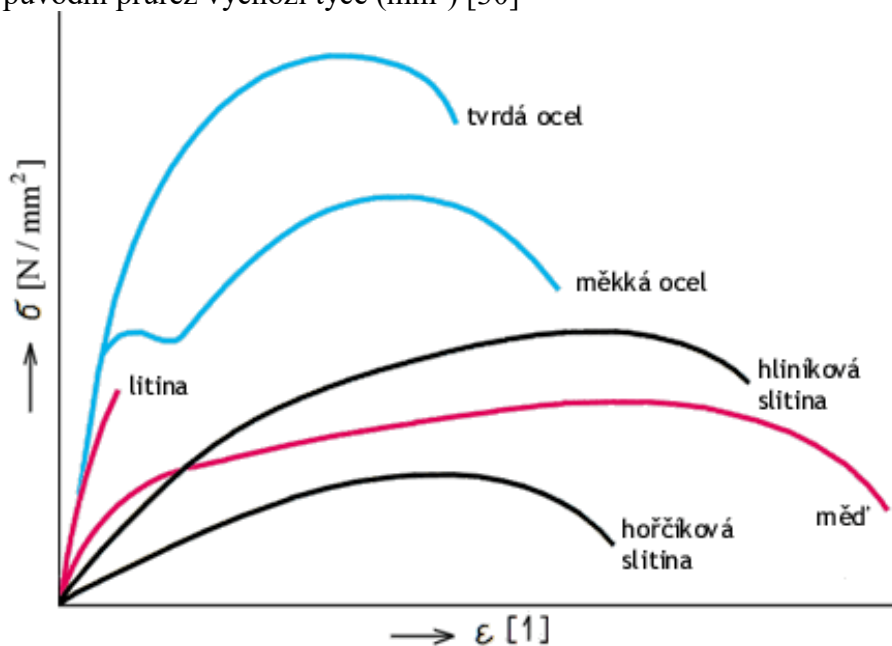
- **Kontrakce**

Jde o zúžení vzorku, udává se v procentech (%).

Kontrakce se vypočítá podle vzorce:

$$Z = \frac{S_0 - S}{S_0} \cdot 100(\%) \quad (3)$$

kde:  $S$  = průřez zkušební tyče v místě přetržení ( $\text{mm}^2$ )  
 $S_0$  = původní průřez výchozí tyče ( $\text{mm}^2$ ) [30]



Obr. 23 Tahová zkouška pro jednotlivé materiály [30]

## 4.2 Zkušební vzorky

Vzorky pro mechanické zkoušky jsou vyrobeny ze slitiny hliníku **Slitina EN AW-5083 H111 (AlMg4,5Mn W28)**. Tuto slitinu řadíme mezi nevytvrditelné slitiny a díky tváření za studena jsme schopni zvýšit její pevnost. Pevnost nelze zpevnit pomocí tepelného zpracování. Má vynikající odolnost vůči korozi jak na vzduchu, tak i v mořském prostředí. Slitina je pevná a je velmi dobře svařitelná metodou MIG a TIG. Chemické složení a mechanické vlastnosti jsou popsány v tabulkách 9 a 10.

Tab. 9 Chemické složení slitiny EN AW-5083 H111 [31]

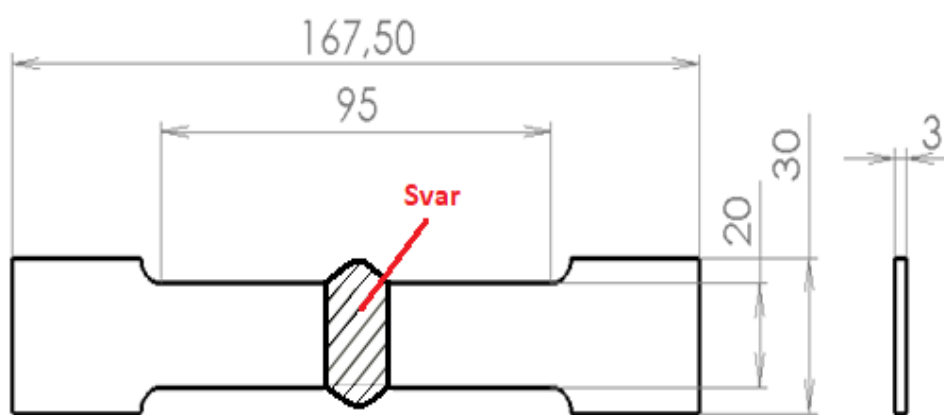
	Hustota	Si	Fe	Cu	Mn		Mg		Cr		Zn	Ti	Al
Slitina	g/cm <sup>3</sup>	Max	Max	Max	Min	Max	Min	Max	Min	Max	Max	Max	Zbytek
EN AW-5083	2,7	0,4	0,4	0,1	0,4	1	4	4,9	0,05	0,25	0,25	0,15	

**Tab. 10 Mechanické vlastnosti slitiny EN AW-5083 H111 [31]**

Slitina	Specifická tloušťka stěny [mm]	Mez kluzu $R_{p0,2}$ [MPa]	Pevnost v tahu $R_m$ [MPa]	Tažnost A [%]	Tvrdost HB
EN AW-5083 H111	$0,2 < e \leq 50$	125	275–350	11–16	75

#### 4.2.1 Svařovaný vzorek

Prvním krokem při zhotovení vzorku bylo, že jsme si materiál nařezali na jednotlivé plechy o rozměrech 350x150 mm. Před svařováním jsme provedli úpravu svarových ploch. Svarovou plochu jsme zbavili oxidické vrstvičky  $Al_2O_3$ . Pro odmaštění jsme použili technický benzín a povrch jsme očistili drátěným kartáčem.



*Obr. 24 Náčrtes svařovaného zkušební vzorku pro tahovou zkoušku*

Pro svařování jsme zvolili přídatný materiál OK AUTROD 5087 ( $AlMg_{4,5}MnZr$ ). Tento materiál je vhodný pro svařování hliníku s obsahem MG do 5 %. Používá se na místa, kde potřebujeme vyšší pevnost v tahu. Mechanické vlastnosti a chemické složení přídatného materiálu můžeme vidět v tabulkách číslo 11 a 12. Přesné specifikace přídatného drátu jsou v příloze B. [35]

**Tab. 11 Chemické složení OK AUTROD 5087[32]**

Mn	Cu	Zn	Ti	Si	Zr	Mg	Cr	Fe	Al
0,8	0,01	0,01	0,08	0,04	0,11	4,7	0,08	0,12	Zbytek

**Tab. 12 Mechanické vlastnosti OK AUTROD 5087 [32]**

Mez pevnosti v tahu [MPa]	Mez kluzu [MPa]	Prodloužení [%]
280	130	30

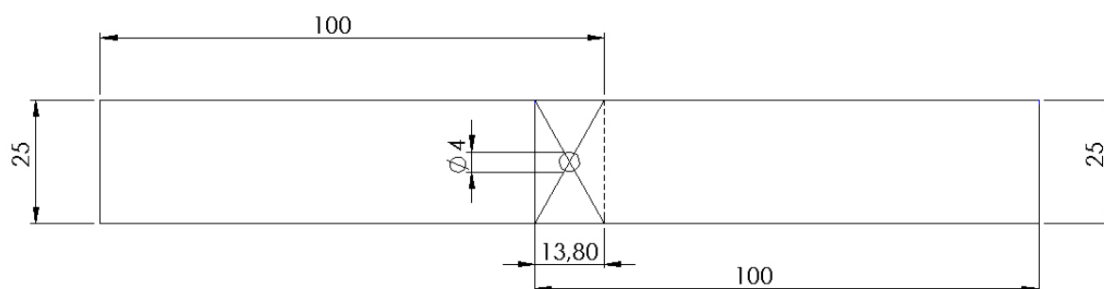
Na obr. 25 můžeme vidět hotový vzorek, který je připravený k tahové zkoušce.



*Obr. 25 Zkušební vzorky pro technologii svařování [35]*

#### 4.2.2 Nýtovaný vzorek

Vzorky byly nařezané na velikost 100x25x3 mm, a to pomocí vodního paprsku na CNC stroji. Poté do vzorku byl vyvrtán otvor o průměru 4 mm. Celý povrch vzorku byl otryskán v tryskacím boxu pomocí písku o průměru zrna 0,2-0,8 mm. Pro zajištění kvalitního odmaštění byl použit Sika Aktivator – 205.



*Obr. 26 Náčrtes nýtovaného zkušební vzorku pro tahovou zkoušku*



Dále jsme vzorek slepili pomocí dvousložkového epoxidového lepidla EPX TM DP460 NS. Toto lepidlo se vytvrzuje v pokojové teplotě a k vytvrzení dojde během 48 h. Mezi jeho hlavní vlastnosti patří vysoká pevnost ve smyku, dobrá pevnost, odolnost proti povětrnostním vlivům. Fyzikální vlastnosti lepidla jsou popsány v tab. 13 a další jeho specifikace jsou v příloze C.

**Tab. 13 Fyzikální vlastnosti lepidla EPX TM DP460 NS [33]**

	Báze	Akcelerátor
Báze	Modifikovaný epoxid	Modifikovaný amin
Viskozita (při 23 °C)	80000	10000
Měrná hustota	1,12	1,08
Barva	Bílá	Žlutá
Konečná pevnost	5 dní	

Lepidlo bylo nanášeno na plochu 13,8x25 mm a poté se nechalo 5 dní vytvrdit. Dále jsme odstranili přebytečné lepidlo z otvoru pro nýt a pomocí ručních nýtovacích kleští byl vzorek snýtován trhačím nýtem. Pro tento spoj byly použity nýty z hliníku, oceli, nerez a vícetrhací nýt ze slitiny Al-Mg-Fe. [36]

**Tab. 14 Vlastnosti trhačích nýtů [34]**

Materiál	Průměr (mm)	Střih (N)	Tah (N)
Hliník	4	680	800
Ocel	4	1700	2200
Nerez	4	2700	3500
Více trhací ze slitiny Al-Mg-Fe	4	1050	1400

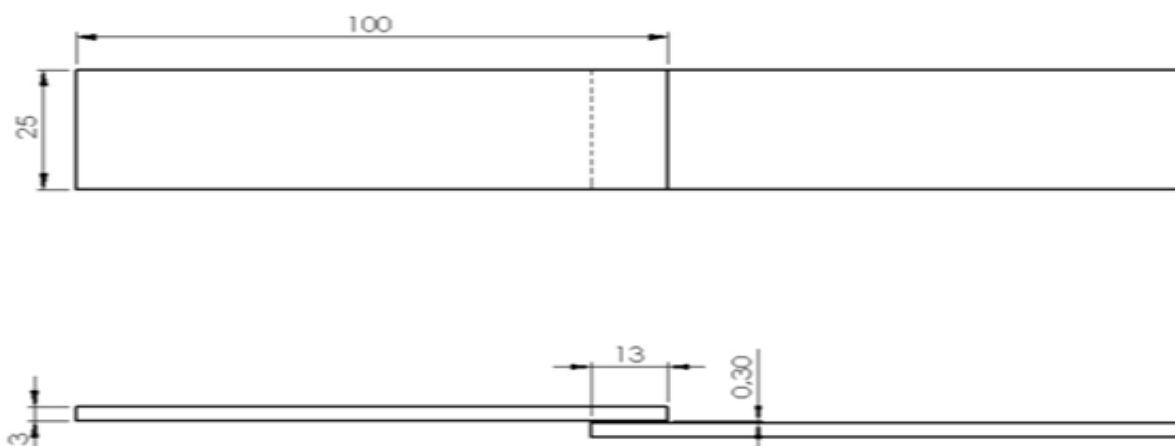
U nýtované spoje s lepením nelze jednoduše analyticky zjistit, zda má nýt nebo lepidlo lepší podíl na mechanických vlastnostech.



Obr. 27 Nýtovaný lepený spoj pro tahovou zkoušku.

#### 4.2.3 Lepený vzorek

Pro lepený spoj bylo použité manuální odmaštění Bonderite C-MC 80 + voda (5 % roztok) specifikace roztoku jsou v příloze D. Vzorky byly postupně ponořeny do odmašťovacího roztoku při teplotě 70 °C a po dobu 3 minut. Poté byli vzorky opláchnuté pod tekoucí vodou a následně naleptány. Leptací roztok se skládal z destilované vody, dichromanu sodného, kyseliny sírové (96%) a hliníkových špon.



Obr. 28 Návrh lepeného vzorku pro tahovou zkoušku [37]

Vzorky se následně spojí lepidlem 3M Scotch-Weld DP460 NS, které bylo použito i pro nýtovaný lepený spoj, specifikace jsou v příloze C. Lepidlo bylo nanесeno na plochu 13x25 mm a tloušťka lepidla je 0,3mm. Vytvrzení trvá 7 dní, aby dosáhly vzorky požadovaných mechanických vlastností. [37]



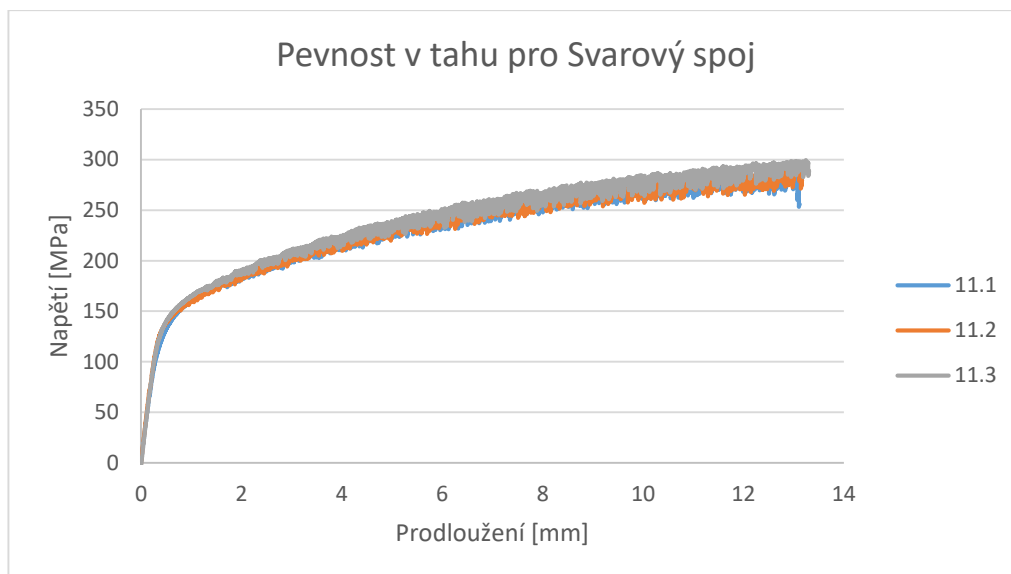
*Obr. 29 Lepený spoj po vytvrzení [37]*

### **4.3 Vyhodnocení tahové zkoušky**

Vzorky byly přetrženy a z tahové zkoušky jsme získali hodnoty. Tyto hodnoty jsme zpracovali a vytvořili jsme grafy, které nám ukazují pevnosti v tahu jednotlivých typů spojů. Z grafů jsme dokázali určit smluvní mez kluzu, z které jsme poté pro přehlednost vytvořili graf. V tomto grafu jsou všechny tři typy spojů v jednom grafickém znázornění, aby rozdíl byl viditelný a přehledný.

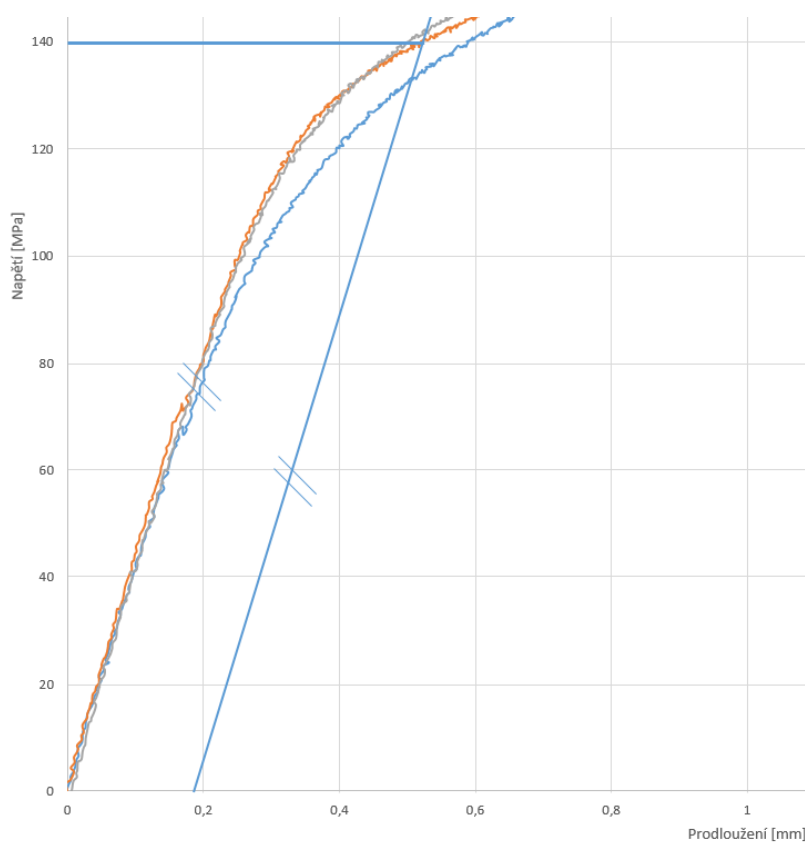
#### **4.3.1 Vyhodnocení svařovaného spoje**

Průběh tahové zkoušky pro svařovaný spoj je zobrazen na obr. 30. Z grafu lze vyčíst, že pevnost v tahu svařovaného vzorku je okolo 300 MPa.



*Obr. 30 Průběh tahové zkoušky pro svařovaný spoj [35]*

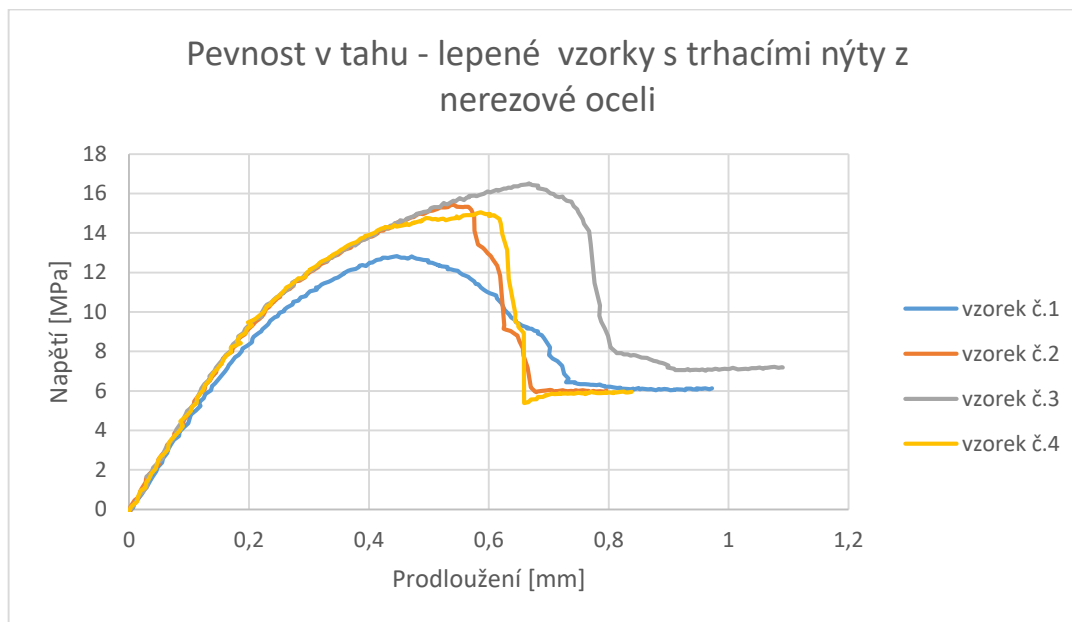
Z předchozího obrázku si určíme smluvní mez kluzu tohoto spoje. A to pomocí vytyčení dvou křivek a to jedné, která je rovnoběžná se začátkem grafické části a pomocí kolmice na první křivku zjistíme smluvní mez kluzu. Smluvní mez kluzu vidíme na obr. 31 a nabývá hodnoty 140 MPa. Obr. 31 je umístěn v příloze E v plné velikosti.



*Obr. 31 Smluvní mez kluzu  $R_{p0,2}$  pro svařovaný vzorek*

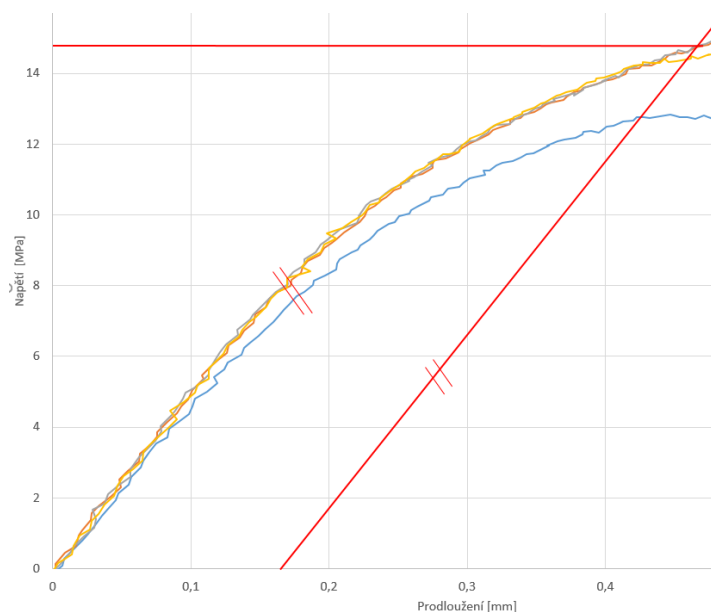
### 4.3.2 Vyhodnocení nýtovaného spoje

Nejvyšší pevnosti v tahu byly prokázány na vzorcích s nerezovými nýty. Pevnost v tahu pro nerezové nýty dosahovala v průměru hodnot 14,96 MPa. Průběh tahové zkoušky je zobrazen na obr. 32.



Obr. 32 Průběh tahové zkoušky pro nerezový nýt [36]

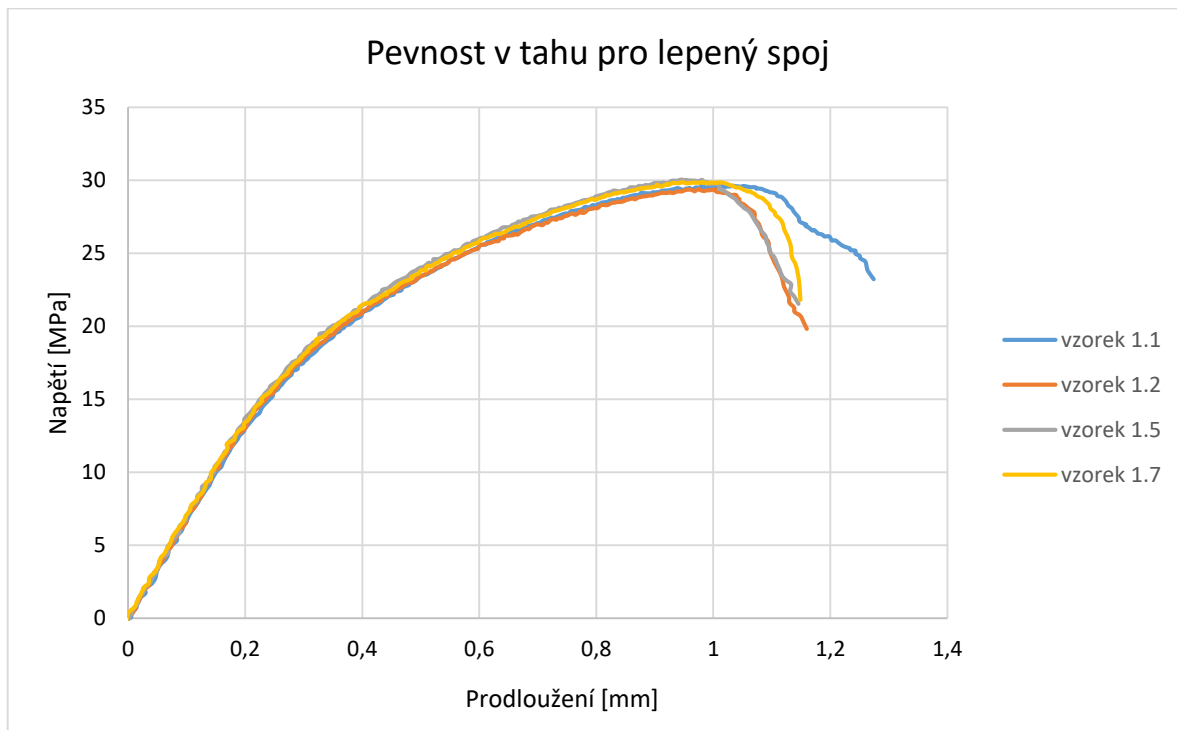
Z grafu jsme opět určili smluvní mez kluzu. Pro zjištění smluvní meze jsme opět vytyčili dvě křivky, díky kterým zjistíme hodnotu. Na obr. 33 vidíme smluvní mez, která dosahuje hodnot 15 MPa. Plné rozlišení obrázku je v příloze F.



Obr. 33 Smluvní mez kluzu pro nýtovaný vzorek

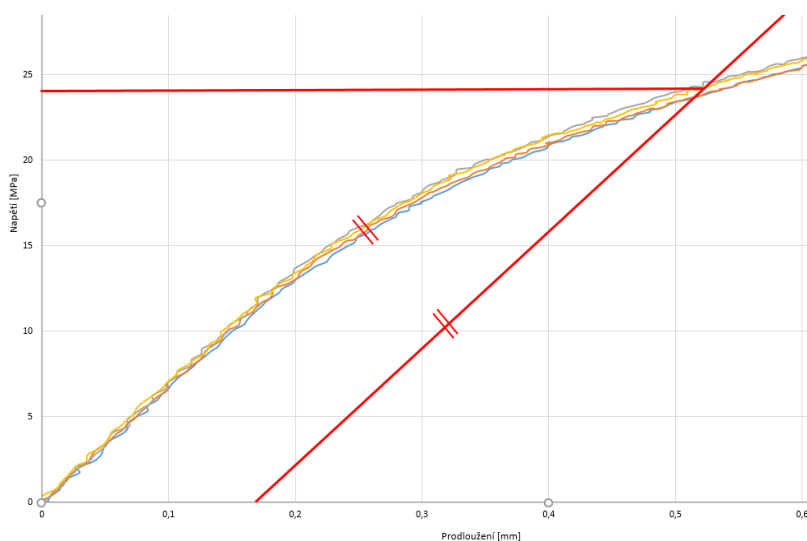
### 4.3.3 Vyhodnocení lepeného spoje

Průběh tahové zkoušky pro lepený spoj můžeme vidět na obr. 34. Zde vidíme, že průběh všech tahových křivek je plynulý. Maximální pevnost v tahu pro tuto sadu vzorků je 30,55 MPa



Obr. 34 Průběh tahové zkoušky pro lepený spoj [37]

Pomocí sestrojení dvou křivek jsme zjistili smluvní mez kluzu pro lepený spoj. Na obr. 35 vidíme znázorněnou smluvní mez kluzu, která nabývá hodnot 24 MPa. V příloze G nalezneme obr. 35 v plné velikosti.



Obr. 35 Smluvní mez kluzu pro lepený vzorek

#### 4.3.4 Vyhodnocení všech spojů

Zvolil jsem si určitou referenční plochu 20x3 mm, abych mohl všechny tři měřené vzorky mezi sebou porovnat. Ať je nám určený spoj namáhán různou silou na stejnou plochu.

Tab. 15 Porovnání smluvní meze zkoušených vzorku

	Smluvní mez kluzu $R_{p0,2}$ z grafu [MPa]	Smluvní mez kluzu $R_{p0,2}$ k porovnání [MPa]
Svarový spoj	140	140
Nýťovaný – lepený spoj	15	75
Lepený spoj	24	4

#### 4.4 Celkové zhodnocení

Z výsledku svarových spojů jsem vybral ten, který prokázal nejvyšší pevnost. Byl to vzorek ze slitiny hliníku (EN AW-5083), který byl svařený technologií speed pulse. Využití technologie speed puls se hodí převážně pro hlavní konstrukci a to především díky své vysoké pevnosti. Stále nám ale vzniká teplem ovlivněná oblast. Technologie svařování speed cold dosahovala pevnosti kolem 100 MPa. Tato technologie dokáže svařovat jen materiál do určité tloušťky a nedochází zde k tak velkému tepelnému ovlivnění materiálu. Hodí pro svařování součástí, kde je potřeba více svarových bodů.

U nýťovaného spoje došlo ke změně technologie, z důvodu nedodání výsledku od třetí strany. Proto jsme zvolili náhradní technologii trhacího nýtu s lepidlem, abychom mohli provést srovnání těchto spojů. Pro nýťovaný lepený spoj vyšel nejlépe spoj s trhacím nýtem z nerezů s dvousložkovým epoxidovým lepidlem. V porovnání naší referenční plochy jsme zjistili, že nýťovaný spoj se hodí převážně pro oblasti, kde je možnost použít více nýťových spojů.

V porovnání lepeného spoje jsme zjistili, že z tahové zkoušky pro malou plochu je tento spoj nevhodný. Lepený spoj doporučuji aplikovat při spojení součástí s velkou styčnou plochou. A v místech kde teplota nedosahuje kritické teploty. V našem případě pro dvousložkové epoxidové lepidlo je tato teplota stanovena na 90 °C po určitý čas. Viz příloha C.

## ZÁVĚR

Bakalářská práce byla věnována bateriovým packům elektromobilů, zejména pak jejich technologii výroby a tenkostěnnému spojování hliníkové slitiny. Cílem této práce je zhodnocení metod spojování, které jsou na naší katedře dostupné. Pro ověření byly zvoleny tři typy spojů nýtovaný, lepený a svařovaný.

Celá práce je rozdělena do čtyř základních kapitol. Úvodní kapitola se zabývá současným stavem bateriových packů. Jedná se zejména o popis jednotlivých packů různých výrobců. Je zde pojednáno jak o energetické stránce, ale také o konstrukční stránce. V energetické stránce je nejdůležitější parametr poměr měrné energie, který nám udává Wh na Kg packu. Zjistili jsme, že nejlepší poměr má pack od modelu vozu Tesla model S. V konstrukční části popisujeme, jaké technologie používají automobilky při výrobě těchto packů. V další části popisují možné technologie výroby, které by se mohli využít na naší katedře při výrobě bateriového packu. Jsou to technologie ohýbání (lemování), lisování (prolisu do plechu) a vstřikování plastů. Popisují zde různé metody těchto technologií. V závěru těchto kapitol jsou právě možné výhody a nevýhody těchto metod. Třetí část odkazuje na práce mých kolegů v rámci katedry. Tato část nám popisuje možné výhody a nevýhody technologie tenkostěnného spojování materiálu, které jsou přístupné na naší katedře.

V praktické části jsme spojili hliníkovou slitinu nýtováním, lepením a svařováním. Poté jsme tyto vzorky přetrhli na trhacím stroji. Výsledkem byl tahový diagram těchto spojů, ze kterých jsme pak vyhodnotili jejich mechanické vlastnosti. V hodnocení jsme porovnali tyto spoje a dokázali jsme určit jejich využití pro spoje v konstrukci packu.



## SEZNAM OBRAZKŮ

Obr. 1 Nákres bateriového packu vozidla Tesla Model S [1] .....	12
Obr. 2 Bateriový pack Tesla Model S [2].....	13
Obr. 3 Bateriový pack BMW i3 [1].....	13
Obr. 4 Volkswagen e-golf bateriový pack [1] .....	14
Obr. 5 Bateriový pack Nissan Leaf [1].....	15
Obr. 6 Chevrolet Bolt bateriový pack [1] .....	15
Obr. 7 Změna průřezu vlivem deformace při ohýbání obdélníkového profilu [7].....	18
Obr. 8 Technologie využívající proces ohýbání [8] .....	18
Obr. 9 Typy Lemů [9] .....	19
Obr. 10 Defekty lemu [9] .....	19
Obr. 11 Lemování pevným nástrojem [9] .....	20
Obr. 12 Lemování nepevným nástrojem [9].....	20
Obr. 13 Metoda MARFORM [13].....	22
Obr. 14 Zjednodušený vstřikovací cyklus [15] .....	24
Obr. 15 Svařování CrNi svar „I“ tloušťka 1,5 mm [19].....	26
Obr. 16 Schéma procesu čtyř fází nýtování [20] .....	27
Obr. 17 Druh lepeného spoje [23] .....	28
Obr. 18 Lithium-iontový cylindrický článěk .....	30
Obr. 19 Teplotní namáhání cylindrických článků [27] .....	31
Obr. 20 Trhací stroj série LFV 100kN .....	31
Obr. 21 Rozměry zkušební tyče podle ČSN EN ISO 6892-1 [28].....	32
Obr. 22 Tahový diagram (ČSN EN 10002 - kovové materiály-Zkouška tahem) [29].....	33
Obr. 23 Tahová zkouška pro jednotlivé materiály [30].....	34
Obr. 24 Nákres svařovaného zkušebního vzorku pro tahovou zkoušku .....	35
Obr. 25 Zkušební vzorky pro technologii svařování [35] .....	36
Obr. 26 Nákres nýťovaného zkušebního vzorku pro tahovou zkoušku .....	36
Obr. 27 Nýťovaný lepený spoj pro tahovou zkoušku. ....	38
Obr. 28 Nákres lepeného vzorku pro tahovou zkoušku [37].....	38
Obr. 29 Lepený spoj po vytvrzení [37].....	39
Obr. 30 Průběh tahové zkoušky pro svařovaný spoj [35].....	40
Obr. 31 Smluvní mez kluzu $R_{p0,2}$ pro svařovaný vzorek.....	40
Obr. 32 Průběh tahové zkoušky pro nerezový nýt [36].....	41

Obr. 33 Smluvní mez kluzu pro nýtovaný vzorek.....	41
Obr. 34 Průběh tahové zkoušky pro lepený spoj [37] .....	42
Obr. 35 Smluvní mez kluzu pro lepený vzorek .....	42

## SEZNAM TABULEK

Tab. 1 Srovnání jednotlivých packu [1] .....	16
Tab. 2 Výhody a nevýhody lemování [9] .....	21
Tab. 3 Metoda MARFORM výhody a nevýhody [12] [13] .....	22
Tab. 4 Typické vlastnosti plastů [14] .....	23
Tab. 5 Výhody a nevýhody vstřikování plastu [15] [16].....	24
Tab. 6 Technologie svařování speed cold její výhody a nevýhody [19] .....	26
Tab. 7 Výhody a nevýhody Self piercing nýtování [20] [21].....	28
Tab. 8 Výhody a nevýhody lepených spojů [24] [25] [26] .....	29
Tab. 9 Chemické složení slitiny EN AW-5083 H111 [31] .....	34
Tab. 10 Mechanické vlastnosti slitiny EN AW-5083 H111 [31] .....	35
Tab. 11 Chemické složení OK AUTROD 5087[32] .....	35
Tab. 12 Mechanické vlastnosti OK AUTROD 5087 [32] .....	36
Tab. 13 Fyzikální vlastnosti lepidla EPX TM DP460 NS [33] .....	37
Tab. 14 Vlastnosti trhacích nýtů [34] .....	37
Tab. 15 Porovnání smluvní meze zkoušených vzorku .....	43

## SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

- [1] Perspektivy elektromobility. *Odborné časopisy*. [Online] [Citace: 10. Leden 2017.]  
[http://www.odbornecasopisy.cz/data-ftp-user/konference/2016/Perspektivy\\_emobility\\_Amper\\_2016/08\\_JANDURA\\_prezentace.pdf](http://www.odbornecasopisy.cz/data-ftp-user/konference/2016/Perspektivy_emobility_Amper_2016/08_JANDURA_prezentace.pdf).
- [2] Inside the battery pack. *Teslamotorsclub.com*. [Online] 10. Leden 2018.  
<https://teslamotorsclub.com/tmc/threads/pics-info-inside-the-battery-pack.34934>.
- [3] Hight voltage batteries of the bmw i3. *Wiki.aalto*. [Online] [Citace: 10. Leden 2018.]  
[https://wiki.aalto.fi/download/attachments/91692283/high\\_voltage\\_batteries\\_of\\_bmw\\_vehicles.pdf?version=1](https://wiki.aalto.fi/download/attachments/91692283/high_voltage_batteries_of_bmw_vehicles.pdf?version=1)
- [4] VW-eGolf. *Greencarcongress*. [Online] 10. Leden 2018.  
<http://www.greencarcongress.com/2014/07/20140721-egolf.html>.
- [5] Nissan Leaf. *Insideevs*. [Online] [Citace: 10. Leden 2018.]  
<https://insideevs.com/nissan-leaf-battery-how-its-made/>.
- [6] Chevrolet Bolt. *Media.chevrolet*. [Online] [Citace: 10. Leden 2018.]  
<http://media.chevrolet.com/media/us/en/chevrolet/home.detail.html/content/Pages/news/us/en/2016/Jan/naias/chevy/0111-bolt-du.html>.
- [7] Doc. Ing. DVOŘÁK, Milan, CSc. a kolektiv. *Technologie II* Brno: CERM, 2001. 238 s. ISBN 80-214-2032-4
- [8] Doc. Ing. DVOŘÁK, Milan, CSc. a Ing. Michaela MAREČKOVÁ: *Technologie tváření. Studijní opory pro kombinované studium I. stupeň, 2. ročník CTT-K*
- [9] SAMEK, Radko, Eva ŠMEHLÍKOVÁ a Zdeněk LIDMILA. *Speciální technologie tváření*. Brno: Akademické nakladatelství CERM, 2011, 155 s. ISBN 9788021444065
- [10] BŘEZINA, Richard; PETRUŽELKA, Jiří. *Úvod do tváření II*. 1. vydání. Ostrava: VŠB-Technická univerzita Ostrava, 2002. 116 s. ISBN 80-248-0068-3.

- [11] ROMANOVSKIJ, ViktorPetrovič. Příručka pro lisování a zastudena. 2. vyd. Praha: SNTL, 1959. 540 s. DT621.986.
- [12] TIŠNOVSKÝ, Miroslav a Luděk MÁDLE. Hluboké tažení plechu na lisech. 1. vyd. Praha: SNTL, 1990. 200 s. ISBN 80-03-00221-4.
- [13] Lenfeld Petr. Katedra tváření kovů a plastu. Skripta. *Ksp.tul*. [Online] 30. Leden 2018. [http://www.ksp.tul.cz/cz/kpt/obsah/vyuka/skripta\\_tkp/sekce/09.htm#095](http://www.ksp.tul.cz/cz/kpt/obsah/vyuka/skripta_tkp/sekce/09.htm#095)
- [14] NUTSCH, W. Příručka pro truhláře. 2006, ISBN 80-86706-14-1
- [15] Lenfeld Petr. Plasty a jejich zpracovatelské vlastnosti. *Ksp.tul*. [Online] [Citace: 12. Únor 2018.]  
[http://www.ksp.tul.cz/cz/kpt/obsah/vyuka/skripta\\_tkp/sekce\\_plasty/04.htm](http://www.ksp.tul.cz/cz/kpt/obsah/vyuka/skripta_tkp/sekce_plasty/04.htm).
- [16] Technologie vstřikování plastů. *Publi*. [Online] [Citace: 12. Únor 2018.]  
<https://publi.cz/books/184/03.html>
- [17] KOLEKTIV AUTORŮ, *Materiály a jejich svařitelnost*. Ostrava, 2001, ZEROSS, 292 s., ISBN 80-85771-85-3
- [18] KOLEKTIV AUTORŮ, *Technologie svařování a zařízení*. Ostrava, 2001, ZEROSS, 395 s., ISBN 80-85771-81-0
- [19] LORCH-katalog. *Svareci-technika*. [Online] [Citace: 20. Únor 2018.]  
[http://www.svareci-technika.eu/katalogy/LORCH\\_katalog.pdf](http://www.svareci-technika.eu/katalogy/LORCH_katalog.pdf).
- [20] Self-piercing riveting a review. *Springer*. [Online] [Citace: 25. Únor 2018.]  
<https://link.springer.com/content/pdf/10.1007%2Fs00170-017-0156-x.pdf>.
- [21] J.K. Larsson, Clinch-joining – a cost effective joining technique for BIW Assembly, Proceedings of the International Conference on Body Engineering, Advanced Technologies and Processes, vol. 10, Warren, 1994, pp. 140±145

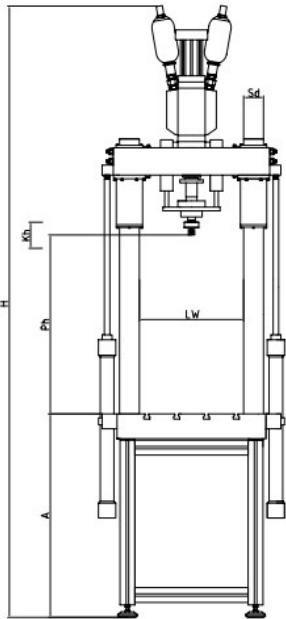
- [22] T.A. Barnes, I.R. Pashby. Joining techniques for aluminium spaceframes used in automobiles Part II – adhesive bonding and mechanical fasteners. NDT&E International. *Elsevier*. [Online] [Citace: 1. Březen 2018.] [www.elsevier.com/locate/jmatprotec](http://www.elsevier.com/locate/jmatprotec)
  
- [23] Yasmina Boutar, Sami Naïmi, Salah Mezlini, Moez Ben Sik Ali. Effect of surface treatment on the shear strength of aluminium adhesive single-lap joints for automotive applications. International Journal of Adhesion & Adhesives. *Elsevier*. [Online] [Citace: 1. Březen 2018.] [www.elsevier.com/locate/ijadhadh](http://www.elsevier.com/locate/ijadhadh)
  
- [24] C. S. Adderley, Adhesive bonding, Materials and Design 9(5) (1988) 287±293.
  
- [25] G. McGrath, Not sticking to tradition – a guide to adhesive bonding, Bulletin 3 (TWI) 32(3) (1991) 64±67
  
- [26] S. Kalpakjian, Manufacturing Engineering and Technology, ch. 30, 2nd ed. AddisonWesley, New York, 1992.
  
- [27] XIA, Quan, Zili WANG, Yi REN, Bo SUN, Dezhen YANG a Qiang FENG. A reliability design method for a lithium-ion battery pack considering the thermal disequilibrium in electric vehicles. *Elsevier: Journal of Power Sources*. [Online] [Citace: 24. Duben 2018.] <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S037877531830260X>
  
- [28] PODHORA, Jiří. *Destruktivní zkoušení základních materiálů a svarových spojů*. Brno : TDS Brno-SMS, 2005. ISBN 80-903386-4-X
  
- [29] BARTÁK, Jiří, Václav PILOUS a Rudolf KOVAŘÍK. *Učební texty pro evropské svářečské specialisty, praktiky a inspektory*. Ostrava : ZEROSS, 2002. ISBN 80-85771-97-7

- [30] Statické zkoušky. *Home.zcu*. [Online] [Citace: 25. Březen 2018.]  
<http://home.zcu.cz/~dyxon/DATA/Nauka%20o%20M/Zkouska.pdf>
  
- [31] Alumeco to be no.1. *Alumeco*. [Online] [Citace: 22. Duben 2018.]  
<https://www.alumeco.cz/aluminium/desky/en-aw-5083/8-x-2020--1020-mm/p/394/4284>.
  
- [32] ESAB katalog. *Esab*. [Online] [Citace: 12. Duben 2018.]  
<http://www.esab.cz/cz/cz/products/index.cfm?fuseaction=home.product&productCode=410943&tab=2>.
  
- [33] 3M Scotch-Weld Epoxidové lepidlo EPX DP460: Technický list. 3M Česko, spol. s.r.o. . *Advasro*. [Online] [Citace: 20. Duben 2018.]  
[https://img.advasro.cz/files/Datasheet/DP460\\_CZ.pdf](https://img.advasro.cz/files/Datasheet/DP460_CZ.pdf).
  
- [34] Trhací nýty. *Bralo*. [Online] [Citace: 20. Duben 2018.]  
<https://www.bralo.cz/produkty/trhaci-nyty/>.
  
- [35] HLAVATÝ, David. *OVĚŘENÍ PARAMETRŮ SVAROVÝCH SPOJŮ VYTVOŘENÝCH TECHNOLOGIÍ S NÍZKÝM VNESENÝM TEPLEM*. Ostrava, 2018. Bakalářská práce. VŠB-TUO. Vedoucí práce Ing. KATEŘINA RYCHLÁ, Ph.D
  
- [36] HERUDEK, Martin. *TECHNOLOGIE NÝTOVÁNÍ*. Ostrava, 2018. Bakalářská práce. VŠB-TUO. Vedoucí práce Ing. Pavel Klaus, Ph.D
  
- [37] VYBÍRAL, Daniel. *Vliv technologie přípravy povrchu na pevnost lepeného spoje*. Ostrava, 2018. Bakalářská práce. VŠB-TUO. Vedoucí práce Doc. Ing. Petr Tomčík, Ph.D.

# SEZNAM PŘÍLOH

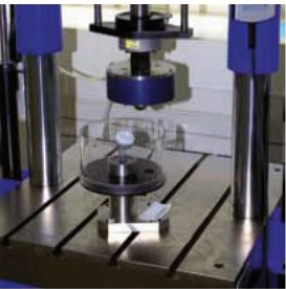
Příloha A:

## Specifications



Accuracy	In accordance with ISO 7500-1 and EN 10002-2, Grade 0.5.
Control	Standard: force and displacement closed loop controlled. Option: with extensometer strain closed loop controlled.
Actuator	Mounted on upper crosshead.
Piston Stroke	Standard: $\pm 50$ mm Option: $\pm 75$ , $\pm 100$ or $\pm 125$ mm
Crosshead Adjustment	Standard: HH hydraulic unlocking and hydraulic lift. Option: M mechanically locked and manual adjustable. HM mechanically locked and hydraulic lift.
Hydraulic Power Pack	Standard: Integrated in the base of the machine. Option: Free standing power pack for higher oil flows.
Power Requirements	3 x 400 V, 50 Hz. Others upon request.

Type LFV	10	16	25	40	63
Max. Test Load Static	kN $\pm 10$	$\pm 16$	$\pm 25$	$\pm 40$	$\pm 63$
Max. Test Load Dynamic	kN $\pm 8$	$\pm 12$	$\pm 20$	$\pm 32$	$\pm 50$
Piston Stroke (Kh)	mm $\pm 50$	$\pm 50$	$\pm 50$	$\pm 50$	$\pm 50$
Max. Distance betw. Adapters (Ph)	mm 700	700	700	700	700
Distance betw. Columns (LW)	mm 420	420	420	420	420
Column Diameter (Sd)	mm 80	80	80	80	80
Working Height (A)	mm 880	880	880	880	880
Width (B)	mm 750	750	750	750	750
Depth (T)	mm 900	900	900	900	900
Height (H)	mm 2550	2550	2550	2550	2550
Weight (without Grips)	kg 850	850	850	850	850
Frame Stiffness	kN/mm 160	160	160	160	160





Příloha B:

# OK AUTROD 5087

PŘEHLED

DOKUMENTY A SPECIFIKACE

INFORMACE O OBJEDNÁNÍ

VŠE HLINÍK A JEHO SLITINY



## Typické vlastnosti v tahu

As welded

Mez pevnosti v tahu	Mez skluzu	Prodloužení
280 MPa	130 MPa	30 %

## Vrbová houževnatost

Podmíněný příkaz	Testovací teplota	Vrbová houževnatost
As welded	20 °C	35 J

## Chemické složení svarového kovu

Mn									
Mn	Cu	Zn	Ti	Si	Zr	Mg	Al	Cr	Fe
0.8 %	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Cu									
Mn	Cu	Zn	Ti	Si	Zr	Mg	Al	Cr	Fe
-	0.01 %	-	-	-	-	-	-	-	-
Zn									
Mn	Cu	Zn	Ti	Si	Zr	Mg	Al	Cr	Fe
-	-	0.01 %	-	-	-	-	-	-	-
Ti									
Mn	Cu	Zn	Ti	Si	Zr	Mg	Al	Cr	Fe
-	-	-	0.08 %	-	-	-	-	-	-
Si									
Mn	Cu	Zn	Ti	Si	Zr	Mg	Al	Cr	Fe
-	-	-	-	0.04 %	-	-	-	-	-
Zr									
Mn	Cu	Zn	Ti	Si	Zr	Mg	Al	Cr	Fe
-	-	-	-	-	0.11 %	-	-	-	-
Zr									
Mn	Cu	Zn	Ti	Si	Zr	Mg	Al	Cr	Fe
-	-	-	-	-	0.11 %	-	-	-	-
Mg									
Mn	Cu	Zn	Ti	Si	Zr	Mg	Al	Cr	Fe
-	-	-	-	-	-	4.7 %	-	-	-
Al									
Mn	Cu	Zn	Ti	Si	Zr	Mg	Al	Cr	Fe
-	-	-	-	-	-	-	Rem %	-	-
Cr									
Mn	Cu	Zn	Ti	Si	Zr	Mg	Al	Cr	Fe
-	-	-	-	-	-	-	-	0.08 %	-
Fe									
Mn	Cu	Zn	Ti	Si	Zr	Mg	Al	Cr	Fe
-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.12 %

## Údaje ukládání

A	Průměr	V
90-210 A	1.0 mm	15-26 V
140-260 A	1.2 mm	20-29 V
190-350 A	1.6 mm	25-30 V

Schválení:	CE, EN 13479, DB, 61.039.07, VdTÜV, 05816
Klasifikace:	SFA/AWS A5.10, ER5087, Wire Electrode, EN ISO 18273, S Al 5087 (AlMg4,5MnZr), Wire Electrode



# Scotch-Weld™

## Epoxidové lepidlo EPX™ DP460

### Technický list

Aktualizováno: Březen 1996  
Nahrazuje: Leden 1995

#### Popis produktu

DP460 je dvousložkové epoxidové lepidlo vytvrzované při pokojové teplotě, které se dodává v duokartuši 3M Duo-Pak pro použití v aplikátoru 3M EPX.

#### DP460 nabízí následující vlastnosti:

Daný směšovací poměr 2:1 umožňuje vyplňování mezer.  
Vysoká pevnost ve smyku.  
Vynikající odolnost vůči vlivům okolního prostředí.  
Vysoká pevnost v odlupu.  
Snadné smíchání a kontrolované vytlačování.

#### Fyzikální vlastnosti

Neslouží pro účely specifikace

	BÁZE	AKCELERÁTOR
Báze	Modifikovaný epoxid	Modifikovaný amin
Viskozita (cP při 23 °C)	80 000	10 000
Měrná hustota	1,12	1,08
Barva	Bílá	Žlutá
Zpracovatelnost	60 minut při teplotě 23 °C	
Manipulační pevnost	240 až 360 minut při teplotě 23 °C	
Konečná pevnost	5 dní (finální vlastnosti se zkouší po jednom týdnu)	
Standardní skladovatelnost 3M	24 měsíců od data expedice společností 3M při skladování v původním obalu při teplotě 21° C a relativní vlhkosti 50 %	

#### Provozní charakteristiky

Neslouží pro účely specifikace

T- zkouška odlupování	Měřeno na obroušené oceli (0,8 mm) při teplotě 24 °C. 43,9 N/cm (25 piw).
	Měřeno na leptaném hliníku při teplotě 23 °C (60 piw).

## Provozní charakteristiky (pokr.)

Neslouží pro účely specifikace

### Pevnost ve smyku při překrytí

Následující hodnoty pevnosti byly dosaženy s lepidlem DP460 testovaném po 7denním cyklu vytvrzení při teplotě 24 °C. Podklady byly před spojením očištěny rozpouštědlem, obroušeny a znovu očištěny rozpouštědlem.

	MPa	psi
Pozinkovaná ocel	13,8	2000
Ocel válcovaná za studena	19,3	2800
Hliník leptaný FPL	31,0	4500
Měď	27,6	4000
Nerezová ocel	27,6	4000
Mosaz	27,6	4000
Akrylát	2,3	330
PVC	2,4	350
Polykarbonát	3,4	500
Neopren/Ocel	0,8*	120*
SBR/Ocel	1,0*	140*
ABS	4,0	575
FRP	6,9*	1000*
* Označuje destrukci podkladu		

### Odolnost vůči vlivům prostředí

Leptaný hliník. Smyk překrytí testován při teplotě 23 °C.

Testované prostředí	Podmínka	Leptaný AL(MPa)	Pozink. ocel (MPa)
23 °C / 50% rel. vlh.	30 dní	35,8	15,2
Destilovaná voda	ponoření na 30 dní	35,2	15,9
Vodní páry	50 °C / 100% rel. vlh., 30 dní	34,5	13,1
	93 °C / 100% rel. vlh., 14 dní	21,4	10,3
Nemrznoucí směs/H <sub>2</sub> O (50/50)	82 °C, ponoření na 30 dní	34,5	13,8
Izopropanol	23 °C, ponoření na 30 dní	39,3	13,8
Metyletylketon	23 °C, ponoření na 30 dní	29,0	13,8
Solná mlha 5%	65 °C, 30 dní	35,2	13,1

### Elektrické vlastnosti

Dielektrická pevnost (Volty/mm)	$2,8 \times 10^4$
Měrný objemový odpor (Ohmy/cm)	$2,4 \times 10^{14}$

### Tepelné vlastnosti

Tepelná vodivost W/m°C	Koefficient tepelné roztažnosti (cm/cm/°C)	
0,180	- 50 až 30 °C	$59 \times 10^{-6}$
	50 až 110 °C	$159 \times 10^{-6}$

---

### Podmínky skladování

Skladujte produkt při teplotě 16 až 27 °C pro dosažení jeho maximální skladovatelnosti.

Vyšší teploty zkracují běžnou skladovatelnost.

Při skladování dodržujte zásadu „první dovnitř - první ven“.

---

### Pokyny k použití/čištění

Skladujte produkt při teplotě 16 až 27 °C pro dosažení jeho maximální skladovatelnosti.

Vyšší teploty zkracují běžnou skladovatelnost.

Umístěte kartuši do aplikátoru 3M EPX a zabezpečte ji.

Sejměte opakovaně uzavíratelnou čepičku.

Vytlačte malé množství lepidla a zkontrolujte, že volně vytékají obě složky.

Nasaďte správnou směšovací trysku (měla by mít 20 nebo více komponentů).

Naneste lepidlo podle potřeby.

Po skončení práce s lepidlem ponechtejte buď trysku na místě a uschovejte, nebo trysku sejměte, otřete špičku kartuše do čista a nasaďte zpět čepičku.

Chcete-li lepidlo opět použít po určité době skladování, odstraňte starou trysku s vytvrzeným lepidlem a nasaďte novou trysku,

nebo sejměte čepičku a nasaďte novou trysku.

Při skladování dodržujte zásadu „první dovnitř - první ven“.

### Příprava povrchu:

Stupeň přípravy povrchu závisí na požadované pevnosti spoje a na prostředí, jemuž bude spojená konstrukce pravděpodobně vystavena. U většiny plastů obvykle zajistí dobré výsledky otření 3M VHB čističem povrchů, poté zdrsnění 3M Scotchbrite 7447, a dále opět otírání rozpouštědlem až do čistého stavu (s výjimkou acetalu, polyetyleny a polypropyleny a některých dalších materiálů s nízkou povrchovou energií). To platí také pro práškové laky a jiné vypalované nátěrové systémy.

Takový způsob přípravy povrchu zajistí dobrou přilnavost i na kovových površích. Cílem je odstranit volně ulpívající povrchové vrstvy, jako jsou olejové nebo voskové filmy, prach, okuje, uvolněné nátěry a veškeré další povrchové nečistoty, aby byla posílena mechanická přilnavost k původnímu povrchu. Vynikající přilnavosti na mnoha kovových površích lze zajistit otryskáním pomocí čistého jemného písku.

Pokud budou lepené kovové podklady přicházet do styku s vlhkým prostředím, doporučujeme provést dodatečné ošetření primerem 3M Scotch-Weld 3901. Nejlepší trvanlivost mohou nabídnout chemické konverzní povlaky v kombinaci se základním nátěrem.

### Čištění:

Přebytečné nevytvrzené lepidlo lze odstranit pomocí následujících rozpouštědel:

#### Čistič povrchů 3M VHB

(jemný čisticí prostředek na bázi alkoholu)

#### Rozpouštědlo 3M Scotch-Grip

č. 2. (směs ketonů)

#### Průmyslový čistič 3M

(sprej).



Překlad německého technického listu výrobku

## Bonderite C-MC 80

Odmašťovač pro vysokotlaké a parní čištění

<b>Oblast použití:</b>	Odmašťovač na ocel a barevné kovy pro vysokotlaké a parní čištění, s omezením vhodný i pro lehké slitiny.
<b>Složení:</b>	zásady křemičitany fosfomany aniontové a neionogenní tenzidy
<b>Vzhled:</b>	čirá, žlutohnědá kapalina
<b>Hustota:</b>	1,170 g/cm <sup>3</sup> při 20 °C
<b>Odolnost na mraze:</b>	do 0 °C
<b>Skladovatelnost:</b>	2 roky v originálním obalu
<b>Postup:</b>	Bonderite C-MC 80 se dává ve formě koncentrátu i zředěný (do 1 : 10) do přítoku vysokotlakého nebo parního postřikového zařízení.
<b>Koncentrace při použití:</b>	5 – 20 g/l na ústí trysky (= 0,5 – 2%)
<b>Teplota při použití:</b>	pokořová teplota až 100 °C (podle použitého zařízení)

### P3-grato® 80

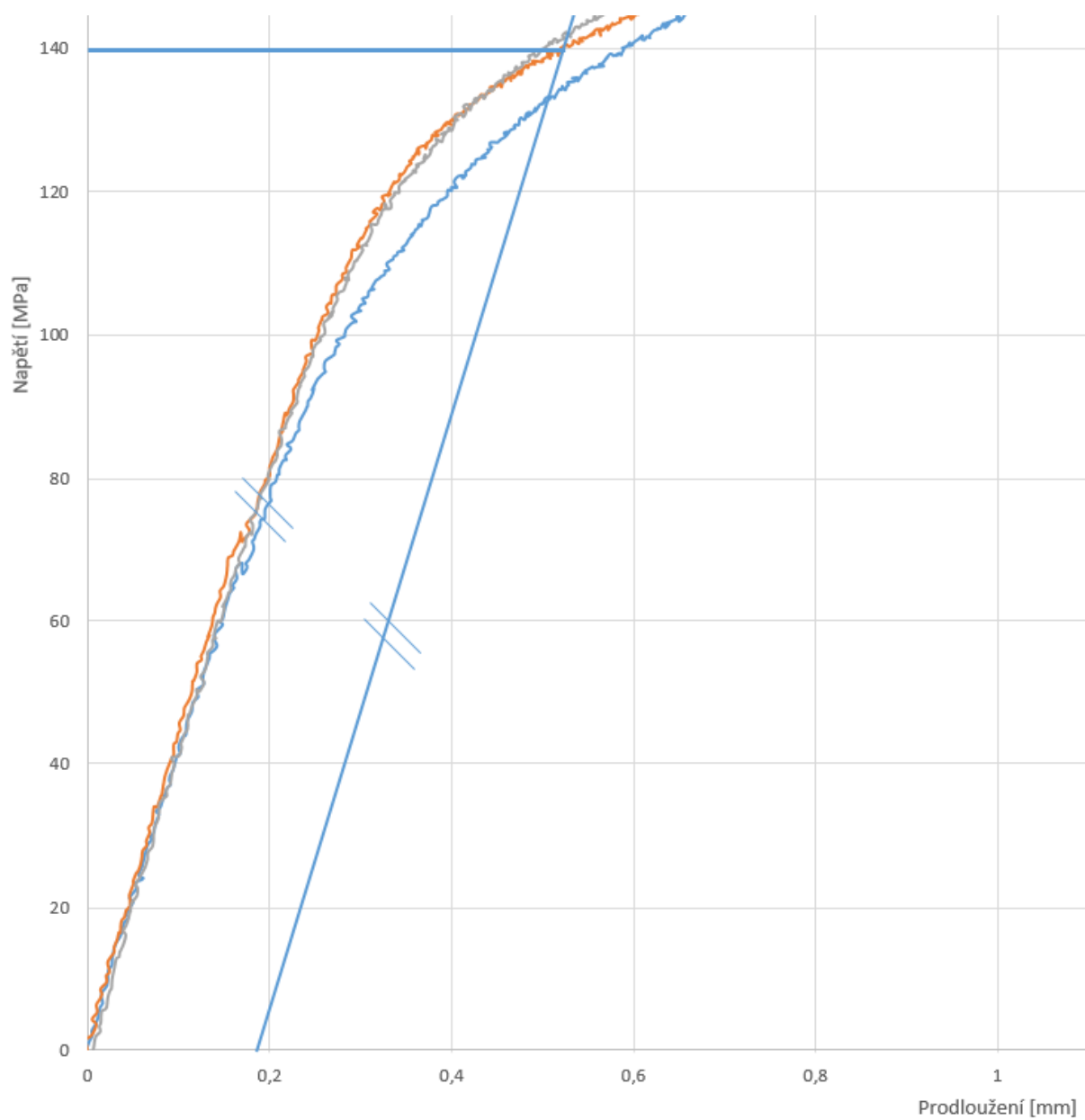
<b>Tlak:</b>	přibližně 10 – 100 bar (podle použitého zařízení)
<b>Následné ošetření:</b>	usušení bez oplachu.  Zbytkový povlak Bonderite C-MC 80 zabraňuje rezivění a při následném zpracování může být odstraněn vodou.
<b>Titrační faktor:</b>	TF = 0,41 (% roztok) TF = 0,5 (% hmotnostní) Vzorek: 50 ml kyselina: 0,5 N kyselina chlorovodíková indikátor: fenolftalein  Koncentrace (%) = TF x počet spotřebovaných ml kyseliny
<b>Pěnovost:</b>	pění
<b>Hodnota pH:</b>	12,2 v roztoku 10 g/l v neionizované vodě
<b>Materiál pro nádrž:</b>	ocel
<b>Ošetření odpadní vody:</b>	K neutralizaci 1 kg Bonderite C-MC 80 je potřeba 0,4 kg 25% kyseliny sírové.  Bonderite C-MC 80 je určeno výhradně k průmyslovému použití

Tato informace se zakládá na současném stupni našich znalostí. Je poskytnuta v dobré víře, ale nezaručuje všechny podrobné vlastnosti. Uživatelé se musí ubezpečit, zda se nevyskytují okolnosti, vyžadující další informace, bezpečnostní předpisy či ověření podrobností zde uvedených.

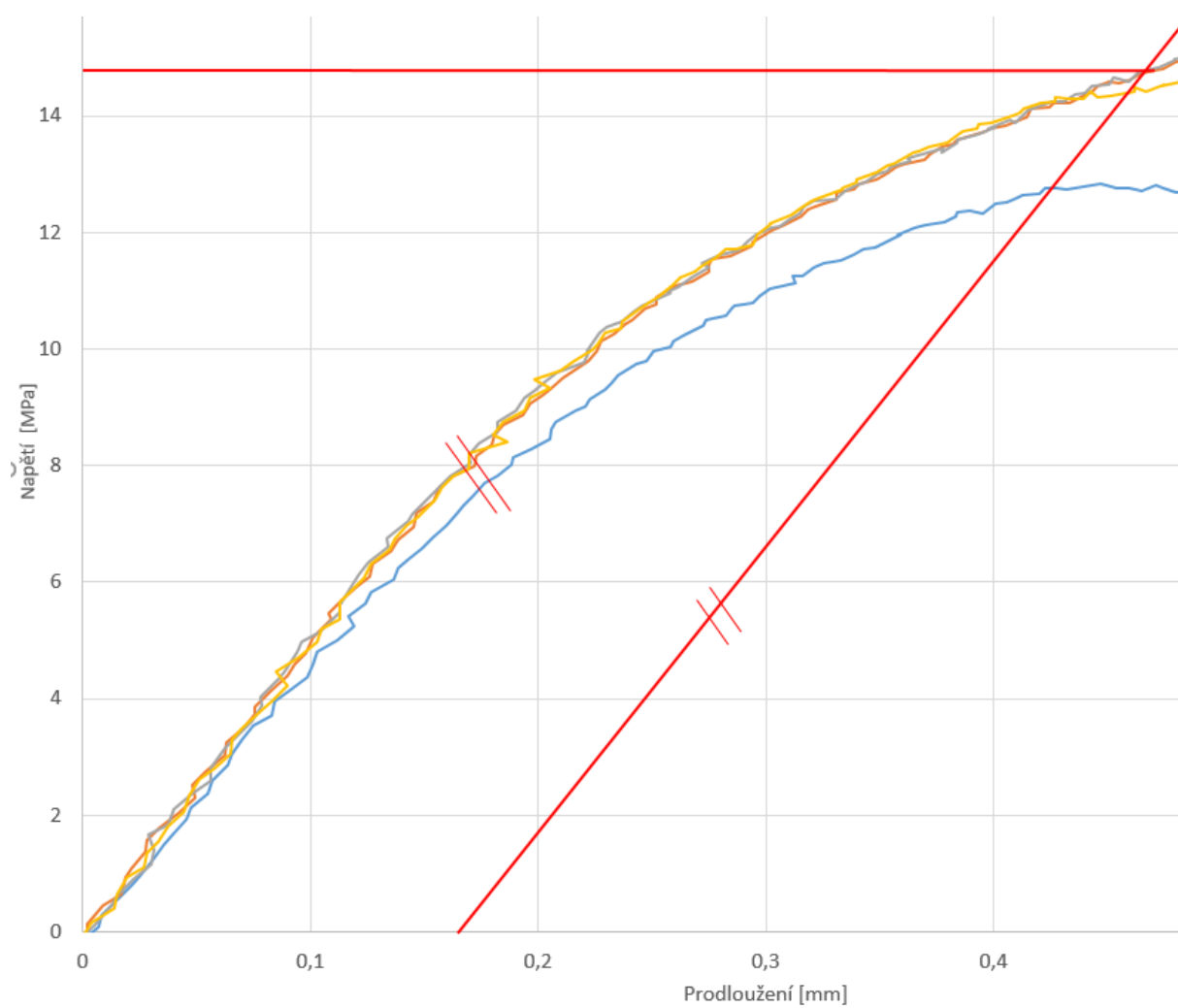
<b>Henkel Austria Ges.m.b.H.</b> <b>Division Surface Technologies</b> Erdbergstrasse 29, A-1030 WIEN Phone: +43 (1) 71104 – 2533 Fax: +43 (1) 71104 – 2534	<b>Henkel Surface Technologies</b> <b>s.r.o.</b> Delnicka 9 CZ-170 04 Prague 7 Phone: +420 (2) 20101 531 Fax: +420 (2) 20101 533	<b>Henkel Slovensko, s.r.o.</b> <b>Division Surface Technologies</b> SK-820 09 Bratislava 29, Záhradnícka 91 Phone: +421 (7) 502 46 252, Fax: +421 (7) 502 46 250
<b>Henkel Polska S.A.</b> <b>Division Surface Technologies</b> Mokotow Office Park Domaniewska 41 Street MARS Building PL-02-672 Warszawa Phone: +48 (22) 606 2982 Fax: +48 (22) 606 2988	<b>Henkel Surface Technologies</b> <b>Kft.</b> Dózsa György út 26 H-2000 Szentendre Phone: +36 (26) 318 030 Fax: +36 (26) 301 730	<b>Henkel Slovenija D.o.o.</b> <b>Division Surface Technologies</b> Industrijska 23 SLO-2506 Maribor Phone: +386 (62) 212141 Fax: +386 (62) 222152

Datum revize 02.05.2001

Příloha E:



Příloha F:





Příloha G:

